www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

JAARGANG 23, 1961, no. 4 blz. 105-132 Verschenen: 14 juli 1961

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELEND TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUKTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

HET BIOLOGISCH EVENWICHT

door R. van der VEEN *).

632.95.024

Het onderstaande artikel is, op geringe wijzigingen na, gelijkluidend met de rede, door prof. dr. R. van der Veen uitgesproken op 6 februari 1961 bij de aanvaarding van het ambt van buitengewoon hoogleraar aan de Rijksuniversiteit te Utrecht. De spreker schetst het „biologisch evenwicht" als een evenwicht dat in voortdurende evolutie verkeert: van oerbos tot monocultures, en van het hiermee gepaard gaande dreigende optreden der landbouwplagen tot de huidige landbouwpraktijk met chemische bestrijdingsmiddelen. Daarbij wordt het curieuze feit onder de loep genomen dat ook planten onderling zich met chemische middelen in de strijd om het bestaan handhaven, en wordt de intrigerende gedachte ontvouwd van een met bestrijdingsmiddelen beoefende „negatieve" biologie, die ons ver in de geheimen der levende materie belooft te doen doordringen.

De rede is hier, met vriendelijke medewerking van prof. Van der Veen, aangevuld met figuren, een literatuurlijst en een Aanhangsel met structuurformules.

In vele publikaties die zich tot het grote publiek richten, wordt gesproken over het „Biologisch Evenwicht". Veelal zouden die publikaties de indruk kunnen wekken dat het evenwicht in de natuur min of meer labiel is, zo gemakkelijk schijnt het verstoord te kunnen worden. Onder een evenwicht immers verstaat men een uitgebalanceerd zijn van krachten. Door een kleine verschuiving van deze krachten zou men dan het doorslaan van de balans, van het evenwicht, kunnen verwachten.

In de natuur zal men echter nooit een evenwicht aantreffen, zoals dit op een balans gerealiseerd wordt. Hoe een natuurlijk evenwicht tot stand komt, is o.a. door Darwin zeer uitvoerig beschreven [1]).

Het oerbos

Darwin was een van de eersten die het tropische oerwoud niet in de eerste plaats zagen als een rustig naast elkaar leven van de planten, doch integendeel als een groot strijdperk, waar geruisloos, maar meedogenloos gestreden wordt om voedsel, om ruimte en vooral om licht. De strijdmiddelen in zo'n oerwoud zijn uiterst gevarieerd. Sommige planten zien door hun fysiologische constitutie kans om snel hoog op te groeien en zo spoedig mogelijk door de schemer van de lagere etages heen te breken naar het licht, om daar met een brede kruin zoveel mogelijk van op te vangen. Andere planten hebben zich fysiologisch zodanig aangepast, dat ze in staat zijn de lagere etages van het bos op te vullen (*fig. 1*).

Ik noemde het woord fysiologisch, omdat ik fysioloog ben en dus in de eerste plaats denk aan eigenschappen als b.v. zeer economische fotosynthese bij lage lichtintensiteit, die nodig is om voldoende assimilaten in het schemerlicht te vormen. Aan groeihormonen, zoals auxinen en giberellinen, die een uitzonderlijke strekking bij vele planten mogelijk maken. Verder aan factoren die, ondanks deze strekking, de plant een voldoend stevige stam doen vormen.

Er zijn ook planten die, door hun overmatige strekking, de nodige stevigheid niet kunnen verkrijgen en toch kans zien de hogere etages te bereiken door als lianen op andere planten te steunen, waardoor deze laatste soms breken onder de overmatige last.

Weer andere beginnen hun leven boven in het licht door op een tak van een volwassen boom te kiemen en dan als epifyt verder te groeien. Zo'n epifyt zal uiterst zuinig met de voor hem beschikbare voedingszouten moeten zijn, daar hij deze niet uit de grond kan opnemen. Heeft hij de mogelijk-

*) N.V. Philips-Duphar, Weesp.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 1. Vegetatie in het oerbos: Ruwenzori-massief in de Kongo. De foto is op een vrij lichte plek genomen. De karakteristieke strijd waarin de planten elkaar van het noodzakelijke licht beroven, is eo ipso moeilijk in een foto weer te geven!

heid om lange luchtwortels te laten uitgroeien (zoals sommige ficussoorten dit doen) en deze wortels steeds meer te ontwikkelen, tot ze de grond bereiken en daarin binnendringen, dan ontstaat een boom die als het ware van boven naar beneden groeit. Deze luchtwortels worden talrijker en snel dikker. Geleidelijk aan woekert de epifyt om zijn steunende „gastheerboom" heen, totdat de laatste geheel ten onder gaat. De „boomwurger", nu stevig genoeg geworden door het verhouten van zijn oorspronkelijke luchtwortels, spreidt dan zijn kroon op de plaats van zijn vroegere gastheer.

De talrijke zaden die in een bos op de bodem vallen, kiemen vaak wel, maar krijgen praktisch geen kans om het tot volwassenheid te brengen. De strijd is overal fel en uitsluitend de meest aangepaste exemplaren kunnen, indien ze het geluk mee hebben, blijven bestaan. Doch ik behoef het strijdperk dat het oerbos is, niet verder te schilderen: in de ruim honderd jaar na het verschijnen van Darwin's geniale „On the origin of species" is dit beeld ons voldoende vertrouwd geworden.

Het is niet alleen in het oerbos, maar in praktisch alle plant- en diergemeenschappen, dat deze strijd zo fel plaatsheeft. Ook hier heerst een heel ander soort evenwicht dan op de balans. Elk organisme dat erin slaagt om zich te ontwikkelen, om het tot volwassenheid te brengen, verstoort min of meer de bestaande verhoudingen. Immers het dringt zich tussen de bestaande organismen in, slaagt er vaak in zijn buren te vernietigen en op deze wijze weer een andere toestand te doen ontstaan. Elk wezen, hetzij plant of dier, dat zich kan handhaven, heeft door dit feit alleen al een grote invloed op zijn omgeving, die er zònder dit organisme beslist anders uitgezien zou hebben. Zo kan men zeggen dat elke plant, elk dier het natuurlijk evenwicht altijd enigszins verstoort.

De mens en het „biologisch evenwicht"

Ook de mens, die we in dit verband als deel van de natuur dienen te beschouwen, zal, indien hij zich wil handhaven, het bestaande evenwicht moeten verschuiven, daar er anders voor hem geen plaats zal zijn. Zeker zullen de vroegere landbouwers het aan den lijve ondervonden hebben hoe moeilijk het is om landbouw te bedrijven, dat wil dus zeggen: om de bestaande plantengroei te doen verdwijnen en te vervangen door die planten die wij daar wensen te laten groeien. Voortdurend zal de omringende vegetatie trachten dit verloren gebied te heroveren. Slechts door hard werken, veel wieden, zeer intensieve bodembewerkingen zal de landbouwer erin slagen zijn planten de volle wasdom te laten bereiken. Niet voor niets staat in de oude „Katechismus der Natuur" geschreven dat God naast de kruiden ook de onkruiden schiep, omdat, zo Hij dit niet gedaan had, de boeren lui zouden zijn geworden [2]) (*fig. 2*).

Het is dus wel duidelijk, dat de landbouwende bevolking met zijn kappen en branden van het bos, met zijn ploegen en andere mechanische methodes, op een gruwelijke wijze het natuurlijk evenwicht verstoort. Mèt het groeien van de wereldbevolking neemt deze verstoring een enorme omvang aan. Er

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

V. Dan, welk eene menigte van ONKRUID is er in de Waereld! Alle Velden zyn er vol van! Heet dat Wysheid, zo veel daarvan voort te brengen?

A. Hebben wel alle Planten, die men met den onwaardigen naam van Onkruid betytelt, denzelven verdiend? Zult gy er de Klaproos (*Papaver rhæas*) zulk een uitmuntend geneesmiddel, het fraaie blaauwe Koornbloempje (*Centaurea cyanus*), de Dolyk, (*Lolium temulentum*) de wilde Gierst en zo veele anderen onder tellen? Is 't geene groote Wysheid, dat zy onder en by andere zwakke Planten willen groeien, om die op te beuren, te ondersteunen, te bedekken, en ons in ziekte te geneezen? Wat houdt het neêrbuigend Koorn, by een Onweder of Dwarlwind, beter op dan 't Onkruid? Is het niet een schoon middel tegens de Luiheid? Maakt het geene arbeidzaame Menschen? Of is het geene byzondere zorg van God, hetzelve zonder de moeite van zaaien, te laaten groeien? Wie zou anders den arbeid willen doen van het te planten?

5565

Fig. 2. Tekstfragment uit de „Katechismus der Natuur" van J. F. Martinet, „meester der vrije kunsten, doctor in de wijsbegeerte, en predikant te Zutphen", 1778.

blijft in de dichter bevolkte gebieden slechts weinig van de oorspronkelijke vegetatie en fauna over. Hierdoor vermindert echter de agressiviteit van de meest aangepaste soorten niet, zodat „de boer nog steeds niet lui kan zijn".

De praktijk van de landbouw eist dat men over grote arealen monocultures aanlegt. Het logische gevolg is dat van de zijde van de andere organismen, door enkele aangepaste soorten, hetzij onkruiden, insecten, aaltjes of schimmels, aanvallen op grote schaal gedaan konden worden (*fig. 3*).

Zo zijn dan de ziekten en plagen van de landbouw in dit verhaal geïntroduceerd, en daar vrijwel elk dier en elke plant zijn speciale parasieten heeft en elke plaag ook weer door een dier of plant of virus veroorzaakt wordt, zal een opbloei van de plagen in onze cultures altijd weer gevolgd worden door een opbloei van de parasieten van deze plaag.

De eisen aan de landbouw gesteld, worden steeds zwaarder, de schade veroorzaakt door ziekten en plagen steeds meer voelbaar. Is het dan wonder dat men voortdurend drastischer maatregelen moet toepassen om het optimale profijt van zijn werk te verkrijgen?

Zo volkomen is de mens gewend geraakt aan de hedendaagse landbouwmethodes èn de periodiek optredende ziekten en plagen, dat hij deze toestand ziet als een natuurlijk evenwicht. Als hij, b.v. door

Fig. 3. Bij drooglegging van binnenzeeën vormt vaak het optreden van een „aangepast" onkruid een ware plaag. Zo werden bij het droogvallen van de gronden van de polder Oost-Flevoland onafzienbare oppervlakken hiervan „veroverd" door moerasandijvie. Vervangt men deze ongewenste „monocultuur" door een gewenste, dan lokt men weer andere — even overweldigende — plagen uit.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

een bespuiting met DDT [1]*), grote hoeveelheden insekten in zijn boomgaard heeft bestreden, om even daarna te constateren dat hij door deze maatregel een opbloei van de mijtenpopulatie heeft veroorzaakt, dan verwijt hij zichzelf opeens het natuurlijk evenwicht verstoord te hebben. Niets is minder waar; het evenwicht was al lang verstoord, het is alleen enigszins verschoven.

Gewoonlijk zijn het de chemische bestrijdingsmethodes die als oorzaak van een dergelijk verstoord evenwicht gebrandmerkt worden. De fysische methodes daarentegen, zoals kappen en afbranden, grondbewerking, drainagesystemen, bevloeiingen en dergelijke worden doorgaans zonder bezwaar geaccepteerd.

Het zal niet met zoveel woorden gezegd behoeven te worden dat een dergelijk onderscheid tussen „onmenselijke chemische" en „humane fysische" methodes elke reële grond mist, louter het produkt is van de menselijke beduchtheid voor het nieuwe en van de daarmee gepaard gaande idealisering van het reeds vertrouwde.

Men realiseert zich blijkbaar niet dat de natuur zèlf veelvuldig chemische strijdmiddelen aanwendt. Vele planten b.v. beschermen zich tegen insekten en andere bovengrondse vijanden door toxische alkaloïden. Ik behoef slechts te noemen de oepasboom in Zuidoost-Azië (Antiaris toxicaria), waarvan het melksap zo'n geliefd pijlgif is.

Een andere wijze van chemische oorlogvoering, waarbij de planten elkaar belagen, heeft ondergronds plaats. Van verscheidene planten scheiden de wortels stoffen af die, indien opgenomen door de wortels van andere planten, deze laatste ernstig kunnen beschadigen of hun groei belemmeren.

Deze vorm van wortelconcurrentie is veel algemener dan men denkt. Meestal wordt wortelconcurrentie beschouwd als een strijd om voedingszouten of om water. Dit is lang niet altijd het geval. Bonner constateerde dat de rubberproducerende guayule-plant uit zijn wortel kaneelzuur [2] afscheidt, dat, opgenomen door andere planten, als groeistofantagonist werkt en zo de groei remt [3]). Op Java konden wij uit grond waarop de bodembedekker Salvia occidentalis groeide, stoffen isoleren die de groei van jonge koffieplantjes vrijwel geheel afremden [4]) (*fig. 4*).

De welbekende afrikaantjes (Tagetes) werden enkele jaren geleden gesignaleerd als een plantesoort die aaltjes in de bodem bestrijdt. Als een stuk land dat met parasitaire aaltjes sterk besmet is, met Tagetes beplant wordt, gaat de aaltjespopulatie

*) De cijfers tussen rechte haken verwijzen naar de structuurformules in het Aanhangsel.

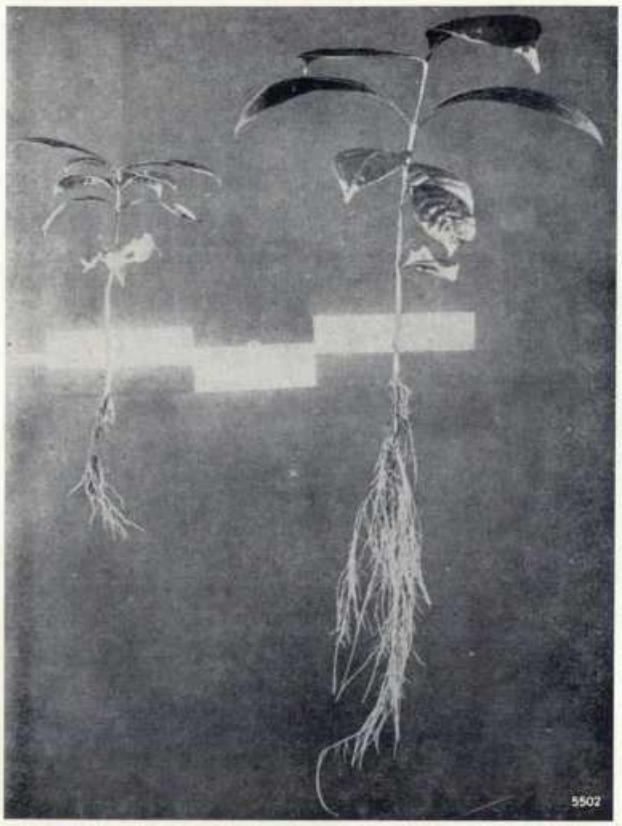


Fig. 4. Voorbeeld van wortelconcurrentie. De koffieplant links is tezamen met Salvia occidentalis in watercultuur opgegroeid (waarna de Salvia verwijderd is). De koffieplant rechts is zonder Salvia opgegroeid. Als gevolg van door de wortels van de Salvia uitgescheiden stoffen is de groei van de linkerplant sterk geremd.

zeer sterk achteruit. Dit was een praktijkwaarneming die nogal de aandacht trok in verband met de algemene ervaring dat het bijzonder moeilijk is om aaltjes effectief te bestrijden. Onderzoek van Uhlenbroek en Bijloo toonde aan dat in de wortels van deze Tagetes een stof gevormd wordt, het terthiënyl [3], dat buitengewoon toxisch is voor aaltjes [5]). Zo zijn er nog veel meer aanwijzingen dat de strijdmiddelen ondergronds, althans gedeeltelijk, chemische strijdmiddelen zijn.

Ook bovengronds wordt vaak een chemische strijd gevoerd. Als voorbeeld hiervoor noem ik de, door Went [6]) en Bonner [3]) onderzochte struik Encelia. Deze plant, die in de aride streken van Californië thuishoort, scheidt uit zijn bladeren een chemische stof af die zaden het kiemen belet. Bij de sporadisch voorkomende regens spoelt deze stof van het blad af, op de grond onder de struiken. De zaden die daar liggen, zouden normaliter juist op deze momenten van voldoende vocht moeten gaan kiemen. Deze kieming wordt nu onmogelijk gemaakt door de van de bladeren afregenende remstof. Op deze wijze blijft de Encelia vrij van andere planten, die hem anders zouden kunnen overwoekeren.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Chemische bestrijding van plagen, een noodzakelijke stap

De chemische industrie heeft vele onkruidbestrijdingsmiddelen ontwikkeld, waarmee de mens zich te weer stelt tegen de spontaan optredende vegetatie. Het zijn stoffen die, in zeer kleine hoeveelheden toegediend, blijkbaar een essentiële biochemische reactie in planten blokkeren.

De natuurlijke vegetatie, die door de mechanische landbouwmethodes reeds zo sterk verarmd werd, wordt door deze chemische bestrijdingsmiddelen nog sterker bedreigd. Het spreekt daarom vanzelf dat de botanicus met grote tegenzin deze nieuwe ontwikkeling gadeslaat We moeten er niet aan denken hoe de Alpenweiden eruit zouden zien, als daar een dergelijke onkruidbestrijding rigoureus toegepast zou worden! En hebben niet de weiden in ons land veel van hun vroegere schoonheid verloren, nu ze niet meer vol staan met boterbloemen, pinksterbloemen, paardebloemen, zuring, om nog niet eens te spreken van de aardorchideetjes en andere zeldzamer voorkomende planten?

Wij ondergaan dit als een ernstige verarming en vergeten dat de grootste verarming al lang geleden veroorzaakt werd door de bevolkingsuitbreiding, met het daaruit voortvloeiende verdwijnen der bossen en de daarop volgende mechanische landbouwmethodes. De chemische methodes zijn uituitsluitend een nieuwe stap op de weg die al veel vroeger ingeslagen werd, en die de aanleg van kleine en grote natuurreservaten steeds urgenter maakt.

Het is ongetwijfeld het verstandigst om deze nieuwe chemische wapenen van de landbouw reëel onder ogen te zien en bij een algemene toepassing ervan, ook hier over te gaan tot het aanwijzen van „reservaten", waar dergelijke middelen geweerd worden. Dit alles is ten slotte de consequentie van een veel zorgwekkender verschijnsel, namelijk de ontzaglijke uitbreiding van de wereldbevolking.

Biochemische evenwichten in de cel

Voor ik verder over deze bestrijdingsmiddelen ga spreken, wil ik eerst nog even de structuur van de levende stof, van het organisme, nader onder de loep nemen. Ook binnenin een organisme heerst een biologisch evenwicht, echter van geheel andere aard. Hier is het een ingewikkeld spel van biochemische processen, waarbij de chemische reacties in het algemeen reversibel zijn. Elke reactie vormt dus een (dynamisch) evenwicht. Wordt het produkt van een reactie door een volgende reactie weggenomen, dan zal de eerste reactie in één richting verlopen. Door het ophopen van het produkt zal de reactie echter tot stilstand komen of zelfs teruggedrongen worden.

Vrijwel elke verbinding in het organisme moeten we zien als een schakel in een lange keten, die onder opneming van energie tot ingewikkelder verbindingen kan leiden, of, onder dissipatie van energie, normaliter afloopt van ingewikkelde tot eenvoudige verbindingen.

Eigenlijk is het beeld als zou een verbinding een schakel in een lange keten zijn, nog te eenvoudig. In werkelijkheid moeten we eerder denken aan een knoop in een netwerk en dan nog een driedimensioneel netwerk. Het is begrijpelijk dat een systeem dat op deze wijze is opgebouwd, een stabiel systeem kan zijn. Om het evenwicht nog hechter te maken, zijn vele van de levensprocessen nog door ingenieuze terugkoppelingsmechanismen gestabiliseerd. Wordt ergens een baan verstoord, dan zal, gewoonlijk langs een omweg, het noodzakelijke proces toch voortgang vinden. Slechts indien zeer essentiële lijnen geblokkeerd raken, zal het organisme ten onder moeten gaan. Welke zijn nu deze zeer essentiële lijnen?

Het is zeer goed mogelijk dat de talrijke herbicide, fungicide en insekticide stoffen ons aanwijzingen kunnen geven omtrent die lijnen. Immers, het zijn juist deze bestrijdingsmiddelen die in zo uiterst geringe concentratie zo grote resultaten te zien geven, al zijn het dan resultaten van vernietiging van levende stof. Eigenlijk dus een soort negatieve biologie. De waarde hiervan op het gebied van de fysiologie en de biochemie kan met het volgende voorbeeld worden toegelicht.

Een heel belangrijke lijn is de energievoorziening van de levende stof. De energie voor de opbouwende processen wordt meestal ontleend aan de verbinding adenosinetrifosfaat [4], gewoonlijk ATP genoemd. Dit ATP wordt gevormd bij de fotosynthese (fotosynthetische fosforylering), bij de ademhaling (oxydatieve fosforylering) en bij de gisting [7]).

Bij alle drie processen wordt door het oxyderen van gereduceerde verbindingen de daardoor verminderde energie in een fosfaatbinding van het ATP vastgelegd. Dit ATP kan dan verdere energie-vereisende reacties doen verlopen.

Een stof dus die de vorming van ATP belemmert, moet daarom voor het organisme uiterst toxisch zijn. Uit de landbouw kennen wij dergelijke stoffen, die bij de oxydatieve fosforylering de ATP-vorming remmen. Dit zijn de zogenaamde ontkoppelaars. De ademhaling verloopt wel, veel sneller zelfs, maar daarbij wordt geen ATP gevormd. Stèrke ontkoppelaars zijn b.v. de dinitrofenolen. In het groot worden ze in de landbouw toegepast als onkruid- en insektenbestrijdingsmiddelen (DNBP, DNOC [5]).

Bij het wetenschappelijk onderzoek zijn deze dini-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

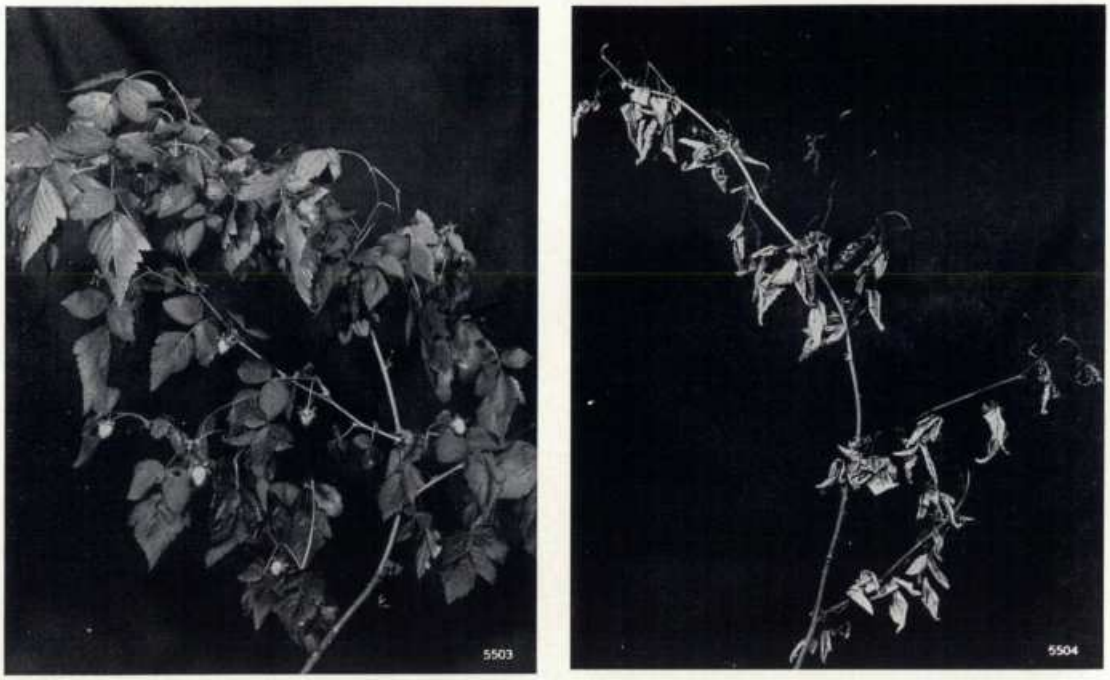


Fig. 5. De werking van het herbicide 2,4,5-trichloorfenoxyazijnzuur op bramestruiken. Links niet en rechts wel behandelde struik. Het middel heeft groeistofwerking, maar doordat het niet in het biochemische schema van de plant past, stuurt het dit volkomen in de war.

trofenolen als ontkoppelaars bij de ademhaling veel gebruikt. Processen die energie vereisen, zullen door zo'n stof tot stilstand gebracht worden, daar de benodigde energie gewoonlijk via het ATP naar het proces toegevoerd wordt. Op deze wijze kunnen dus energie-verbruikende processen onderscheiden worden van processen die een vrij verloop hebben. De dinitrofenolen worden al vele jaren veelvuldig in de fysiologie en biochemie gebruikt, b.v. bij het onderzoek naar opneming en transport van stoffen. Daardoor is steeds meer over de werking bekend geworden.

Een ander onkruidbestrijdingsmiddel dat in landbouwkringen alom bekend is, het 2,4-dichloorfenoxyazijnzuur [6], behoort tot een groep van stoffen die groeistofwerking hebben. Het heeft daardoor op de plant een analoge uitwerking als het normale groeihormoon, het indolylazijnzuur [7]. Terwijl echter het indolylazijnzuur een schakel is in een keten van enzymatische reacties en dus zowel voor de aanmaak als voor de afbraak afhankelijk is van andere reacties, passen de chloorfenoxyazijnzuren niet in het biochemische schema van de plant. Ze worden door de plant opgenomen, ze verrichten hun werking alsof het groeihormonen waren, maar ze kunnen niet tijdig afgebroken worden, zodat de groei en ontwikkeling van de plant nu helemaal in de war raken (*fig.* 5).

Ik wil nu nog een aantal andere bestrijdingsmiddelen noemen, daar deze eveneens van waarde kunnen zijn voor het fundamentele wetenschappelijk onderzoek. Ze kunnen ons wellicht een sleutel zijn tot essentiële processen in de cel, juist doordat ze blijkbaar in staat zijn het biologisch evenwicht binnen de cel geheel te verstoren. Helaas moet ik hier direct aan toevoegen dat zij in dit opzicht nog veel te weinig zijn onderzocht. Wat momenteel van de fysiologische en biochemische werking bekend is, stamt in hoofdzaak uit de laboratoria der industrieën die zich met de vervaardiging dezer stoffen bezighouden.

Van het chloorfenyldimethylureum [8], als onkruidbestrijdingsmiddel „Monuron" genoemd, was jaren na de introductie ervan in de landbouw de wijze van werken nog onbekend. Wessels kwam op theoretische gronden tot de conclusie, dat deze stof een sterke remmer van de fotosynthese zou kunnen zijn [8]). Inderdaad bleek dit het geval, en hiermee had men een van de meest actieve inhibitoren van de fotosynthese gevonden. Het bestaan van een zo specifieke remmer zal zeker van groot belang zijn bij het bestuderen van het proces van de fotosynthese.

Dan zijn er de gesubstitueerde triazinen, die onder de naam „Simazin" [9] en „Atrazin" in grote hoeveelheden als onkruidverdelgingsmiddel rondgestrooid worden en waarvan men weet dat ook zij de fotosynthese remmen, maar wellicht ook nog andere vitale processen stopzetten.

Dit zijn enkele voorbeelden van stoffen waarbij men énige aanwijzing heeft over het werkingsmecha-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

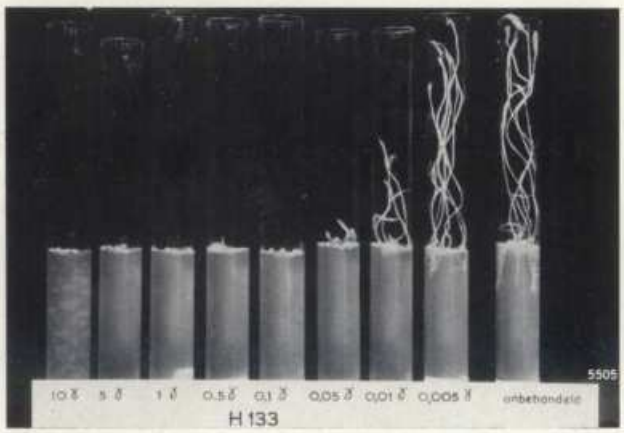
www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

nisme. Van talrijke andere onkruidbestrijdingsmiddelen kent men het werkingsmechanisme echter in het geheel niet. Ik noem in dit verband de kiemremmer 2,6-dichloorbenzonitril [10], die, in enkele gamma's toegediend, de meeste zaden het kiemen onmogelijk maakt en bovendien de groei van zeer jonge planten volledig afremt (*fig. 6*). Verder stoffen die in de handel zijn als „IPC", „Avadex", „Dalapon", „Amitrol" en „Karsil". Dan het „Reglone", een broomdipyridylverbinding, die op de een of andere, nog volkomen onbekende, wijze in uiterst geringe concentratie (minder dan 1 kg per ha) het fysiologisch evenwicht in planten zo grondig in de war stuurt dat ze snel afsterven. Het zou bijzonder interessant zijn te weten, op welk systeem dergelijke gammahoeveelheden inwerken.

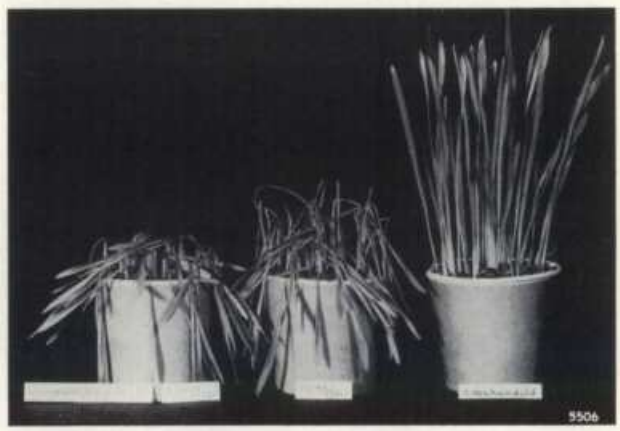
Van de talrijke fungiciden die in de landbouw grote belangstelling genieten, zijn het alleen de dithiocarbaminaten [11] die een uitzondering vormen op de regel dat het werkingsmechanisme nog ten enenmale onbekend is. De fysiologische werking daarvan werd door Kaars Sijpesteyn en medewerkers, althans gedeeltelijk, opgehelderd [9]). Uit dit onderzoek kwam ook de verklaring van de merkwaardige tweetoppigheid te voorschijn in de kromme in *fig. 7*, die het verband tussen werking en concentratie weergeeft.

Van de insekticiden verheugt de groep van fosforinsekticiden zich in een grote biochemische belangstelling, aangezien dit de remmers zijn van het enzym choline-esterase. Aangezien choline-esterase een enzymsysteem vertegenwoordigt dat essentieel is voor een goede werking van het zenuwstelsel, is de belangstelling van medische zijde groot en een aantal medisch-fysiologische en biochemische laboratoria houden zich dan ook met het onderzoek van deze stoffen bezig.

Daarnaast zijn er echter nog talrijke insekticiden en acariciden waar nog uitsluitend de toepassing aandacht heeft.



a



b

c

Fig. 6. De kiem- en groeiremmende werking van 2,6-dichloorbenzonitril (codenummer H 133) bij verschillende concentraties gedemonstreerd op *a*) kiemende gierst (agar-agarcultuur) en *b*) jonge haverplantjes in pot. In geval *b* is het middel in dampvorm toegediend (links en in het midden met een concentratie van resp. 0,3 en 0,1 mg/liter, rechts onbehandeld). In *c* is de werking beproefd op een veldje met gladiolen, ter bestrijding van onkruid. Het stuk op de voorgrond is bespoten met 4 kg/ha van dit middel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

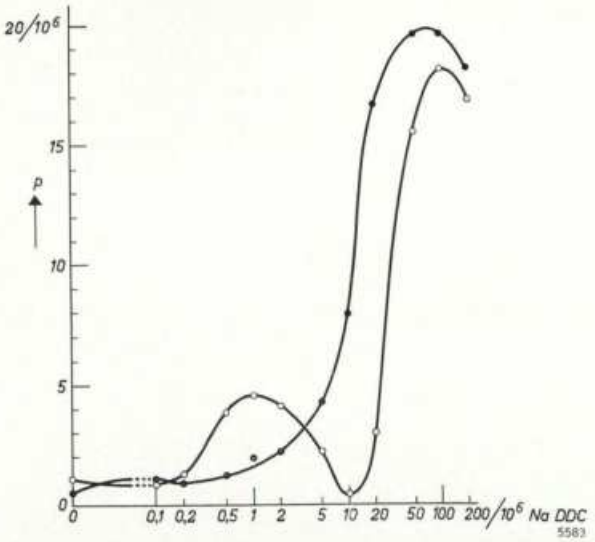


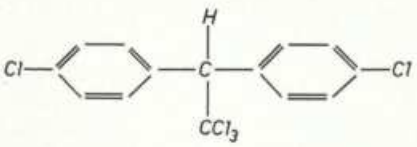
Fig. 7. Voorbeeld van complicaties bij de werking van bestrijdingsmiddelen. De curven laten de relatie zien tussen de concentratie van NaDDC [11] en de werking ervan op Aspergillus niger, bij af- en aanwezigheid van koper (resp. zwarte en witte cirkeltjes). In aanwezigheid van koper vindt men twee maxima in de curve. Voor de verklaring hiervan zij verwezen naar de in [9]) aangehaalde publikatie. Op de ordinaat is uitgezet het gehalte p aan geaccumuleerd pyrodruivenzuur, dat een maat is voor de verstoring van het biochemisch evenwicht, op welke verstoring de werking van het fytofarmaceutische middel berust.

Slotwoord

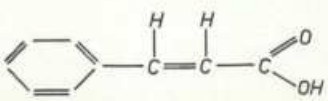
Er zijn dus vele chemicaliën uit de landbouw bekend die naar mijn oordeel een diepgaande, fundamentele studie van het werkingsmechanisme zeker waard zijn. Ten aanzien van sommige van deze stoffen is een dergelijke studie inderdaad reeds gaande. Het zou te hopen zijn dat ook vele andere stoffen waarop hierboven gewezen is, in een dergelijk onderzoek zouden worden betrokken. De beste weg om zulk een onderzoek rijke vruchten te doen afwerpen, is, afgezien natuurlijk van een voldoende outillage van de desbetreffende laboratoria, een nauwe samenwerking tussen biologen enerzijds en biochemici en landbouwkundigen anderzijds.

Aanhangsel: structuurformules van een aantal der besproken stoffen

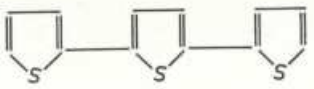
[1] DDT . . . .



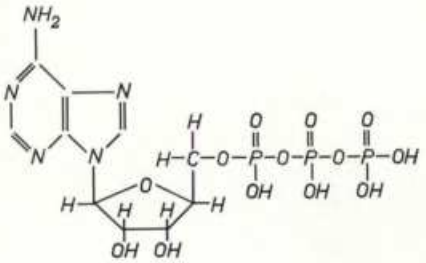
[2] kaneelzuur . . . . .



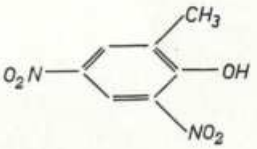
[3] terthiënyl . . . . .



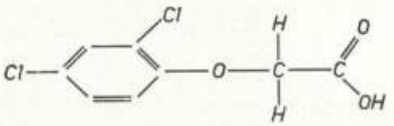
[4] adenosinetrifosfaat (ATP) . . .



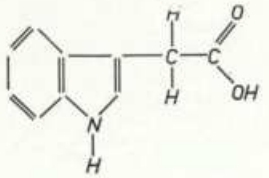
[5] DNOC . . . . . .



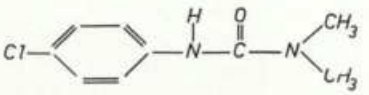
[6] 2,4-dichloorfenoxyazijnzuur



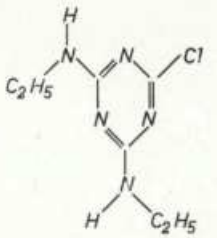
[7] 3-indolylazijnzuur . . . . .



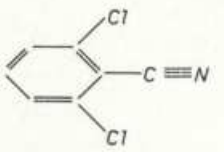
[8] chloorfenyldimethylureum . .



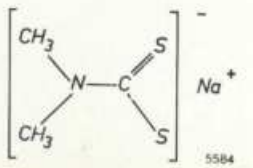
[9] 1-Cl-3,5-diëthyltriazine . . . .



[10] 2,6-dichloorbenzonitril . . . .



[11] natriumdimethyldithiocarbaminaat (NaDDC) . . .



Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

LITERATUUR

[1]) C. R. Darwin, On the origin of species by means of natural selection, 1859.
[2]) J. F. Martinet, Katechismus der Natuur, uitg. J. Allart, Amsterdam 1778.
[3]) J. Bonner, The role of toxic substances in the interactions of higher plants, Bot. Rev. **16**, 51-65, 1950.
[4]) R. van der Veen, Wortelconcurrentie in de koffie- en rubbertuinen, Archief koffiecult. **9**, 65-102, 1935.
[5]) J. H. Uhlenbroek en J. D. Bijloo, Proc. 4th int. Congr. crop protection, Hamburg 1957, deel I, 579-581, 1959.
[6]) F. W. Went, The dependence of certain annual plants on shrubs in Southern California deserts, Bull. Torrey bot. Club **69**, 100-114, 1942.
[7]) Zie b.v. R. van der Veen, De weg van de energie bij levende organismen, Vakbl. Biol. **39**, 173-181, 1959.
[8]) R. van der Veen en J. S. C. Wessels, Biochim. biophys. Acta **19**, 548, 1956.
[9]) A. Kaars Sijpesteyn, M. J. Janssen en G. J. M. van der Kerk, Biochim. biophys. Acta **23**, 550, 1957.

Men zij voorts gewezen op een aantal in dit tijdschrift verschenen artikelen, waarmede men zich verder op het door de spreker bestreken terrein oriënteren kan:

R. van der Veen, De invloed van licht op planten, Philips techn. T. **11**, 45-51, 1949.
R. van der Veen, Fotosynthese, Philips techn. T. **14**, 322-327, 1952.
R. van der Veen, „Boekesteyn", het fytofarmaceutisch laboratorium van de N.V. Philips-Roxane, Philips techn. T. **16**, 353-359, 1954.
J. Meltzer, Het onderzoek van de bestrijding van dierlijke plagen, Philips techn. T. **17**, 120-127, 1955.
M. J. Koopmans, Fungicidenonderzoek, Philips techn. T. **17**, 238-246, 1955.
R. van der Veen, Groeistoffen in planten, Philips techn. T. **17**, 266-270, 1955.
W. Duyfjes, Het formuleren van pesticiden, Philips techn. T. **19**, 170-181, 1957.

Samenvatting. Hoofdzakelijke inhoud van de rede, door de auteur uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van buitengewoon hoogleraar aan de Rijksuniversiteit te Utrecht. Aan de voortdurende evolutie van het „biologisch evenwicht" heeft ook de mens zijn deel, o.m. door zijn bebouwing van het land. De hierbij toegepaste chemische bestrijdingsmiddelen moeten we niet alleen beschouwen als middelen om onszelf te handhaven, maar ook kunnen we ze ten nutte maken voor een fundamentele studie der levende materie. De werking van deze middelen berust nl. daarop dat essentiële processen in de cel verstoord worden, en juist hierdoor kunnen ze een sleutel tot het begrip van deze processen zijn. De spreker bepleit dat deze „negatieve biologie" ter hand wordt genomen in nauwe samenwerking tussen biologen, biochemici en landbouwkundigen, en hij noemt een aantal bestrijdingsmiddelen die hiervoor in aanmerking komen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

KRINGVERSTERKING EN STABILITEIT VAN EENVOUDIGE REGELSYSTEMEN

door M. van TOL *).

621-53.001

In de ontwikkeling die de regeltheorie de laatste 20 jaar heeft doorgemaakt, zijn twee hoofdlijnen te onderscheiden. Enerzijds hebben verfijnde mathematische methodes hun intrede gedaan, zoals b.v. het gebruik van de Laplace-transformatie, maar anderzijds zijn er ook door het invoeren van geschikte benaderingen enige bijzonder eenvoudige vuistregels gevonden die in de praktijk uitstekende diensten bewijzen.

In het hier volgende artikel wordt een dergelijke vuistregel gepresenteerd voor het verband tussen de tijdconstanten van een regelkring en de uit stabiliteitsoverwegingen maximaal toelaatbare kringversterking. Met deze, bij ons weten nergens expliciet geformuleerde, regel kan men zeer gemakkelijk het verband doen zien tussen de verschillende in de techniek gebruikelijke methodes ter verbetering van de werking van een regelinstallatie.

De factor P waarmee storingen door een automatische regelinrichting verkleind worden, hangt af van de overbrengingsverhouding $KG(j\omega)$ van de „opengeknipte" regelkring. In een vorig artikel [1]) hebben we gezien dat P gelijk is aan de absolute waarde van de complexe grootheid $1 + KG(j\omega)$ en derhalve voor zeer lage frequenties nadert tot $1 + K$. (We veronderstellen voorlopig dat $G(0) = 1$ is.) Een sprongvormige storing wordt derhalve op den duur „weggeregeld" op een deel $1/(1 + K)$ na. Daar dit deel kleiner is naarmate K groter is, wenst men K zo groot mogelijk te maken.

Men kan K echter niet onbeperkt vergroten. Daar de versterking bij iedere frequentie evenredig is met K, leidt vergroting van K ook tot vergroting van de versterking bij de frequentie ω_c waarvoor de fazedraaiing $\varphi = -180°$ is. Deze versterking overschrijdt dan op den duur de waarde één en het systeem is niet langer stabiel. Bij het ontwerpen van een regelkring — en hetzelfde geldt voor tegengekoppelde versterkers en servomechanismen — moet men er dus voor zorgen dat enerzijds $KG(0)$ zo groot is dat de storingen voldoende sterk worden gereduceerd maar dat anderzijds toch $KG(j\omega_c) < 1$ is. Het komt er dus op aan, de functie $G(j\omega)$ een geschikt verloop te geven. De maatregelen die men daartoe treft, moeten bovendien van zodanige aard zijn dat het systeem niet ontoelaatbaar traag wordt.

Voor het verbeteren van een niet bevredigend werkende regelaar beschikken de regeltechnici sinds lang over een bepaald arsenaal van maatregelen. We zullen in dit artikel aantonen dat deze maatregelen, waartussen tot nu toe weinig of geen onderling verband scheen te bestaan, alle beschouwd kunnen worden als toepassingen van één en hetzelfde principe. Dit principe volgt rechtstreeks uit een zeer eenvoudige formule die het verband beschrijft tussen de maximaal toelaatbare waarde van K en de grootste twee van de karakteristieke tijden τ die het gedrag van de diverse elementen van de regelkring karakteriseren [2]). Hoewel deze formule exact alleen geldt indien de regelkring aan zekere eisen voldoet, is ze, naar men kan aantonen, praktisch ook bruikbaar in zeer veel gevallen waarin aan deze eisen niet ten volle voldaan is.

De basisformule

We veronderstellen te doen te hebben met een regelkring die kan worden voorgesteld door het blokschema van *fig. 1*. Behalve bij het regelorgaan, een lineaire versterker met versterkingsfactor A, geldt voor alle blokken:

$$K_n = 1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$G_n = \frac{1}{1 + j\,\omega\tau_n}. \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

De amplitudekarakteristieken van elk der laatstgenoemde blokken kan men, indien ze dubbellogaritmisch worden uitgezet (Bode-diagram), benaderen door twee rechten die elkaar snijden op de verticaal $\omega = 1/\tau_n$. De eerste, die de karakteristiek benadert voor de lage frequenties, loopt horizontaal, de andere heeft een hellingscoëfficiënt -1. De fazedraaiing φ tussen uitgangs- en ingangssignaal varieert met toenemende ω van 0 tot $-90°$ en is bij $\omega = 1/\tau_n$ juist $-45°$ (*fig. 2*).

---

*) Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven.

[1]) M. van Tol, Toepassing van regeltheorie op regelkringen met lineaire elementen, Philips techn. T. **23**, 79-88, 1961 (no. 3).

[2]) Zie ook: M. van Tol, Stability and optimal loopgain of simple control circuits, Transactions of the 5th International Instruments and Measurements Conference, Stockholm 12-16 sept. 1960, ter perse, of M. van Tol, Control engineering **8**, 1961, ter perse.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

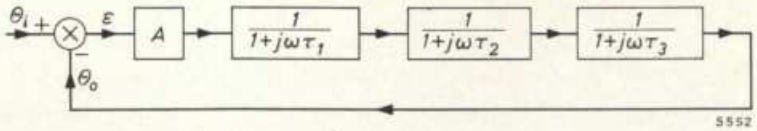


Fig. 1. Blokschema van een regelkring bestaande uit een lineaire versterker, met versterkingsfactor A, en een aantal elementen met overbrengingsverhouding $(1 + j\omega\tau_n)^{-1}$. Volgens de gebruikelijke benamingen is Θ_i de ingestelde waarde, Θ_0 de uitgangsgrootheid die met Θ_i vergeleken wordt, en ε hun verschil.

De helling van de beide rechten kan men vinden door het differentiaalquotiënt d log $|G|$/d log ω te schrijven als functie van ω en door vervolgens na te gaan hoe deze functie zich gedraagt voor $\omega \ll 1/\tau_n$ en voor $\omega \gg 1/\tau_n$. Door gebruik te maken van de formule:

$$|G| = 1/\sqrt{1 + \omega^2\tau_n^2},$$

vindt men:

$$\frac{\text{d log } |G|}{\text{d log } \omega} = \frac{-\omega^2\tau_n^2}{1 + \omega^2\tau_n^2}.$$

Voor kleine ω is het genoemde differentiaalquotiënt dus ≈ 0, voor grote ω nadert het tot -1. De rechte $|G| = 1/\omega\tau_n$ snijdt de andere bij de frequentie waarvoor de ordinaatwaarde één is. zoals men ziet, is dat de frequentie $\omega = 1/\tau_n$.

De dubbellogaritmische amplitudekarakteristiek van de complete (opengeknipte) regelkring kan men zeer eenvoudig afleiden uit die van de afzonderlijke blokken, doordat op het logaritmische papier iedere vermenigvuldiging uitgevoerd wordt als een optelling. Ook deze karakteristiek kan dus benaderd worden met behulp van rechte lijnen.

Ingeval de diverse tijdconstanten τ_n aanmerkelijk verschillen — b.v. een factor 5 of meer — kan men ook de fazekarakteristiek in goede benadering gemakkelijk vinden door optellen van die van de afzonderlijke blokken. De fazedraaiing is dan ongeveer $-45°$ voor $\omega = 1/\tau_1$, ongeveer $-135°$ voor $\omega = 1/\tau_2$, ongeveer $-225°$ voor $\omega = 1/\tau_3$, enz. (*fig. 3*).

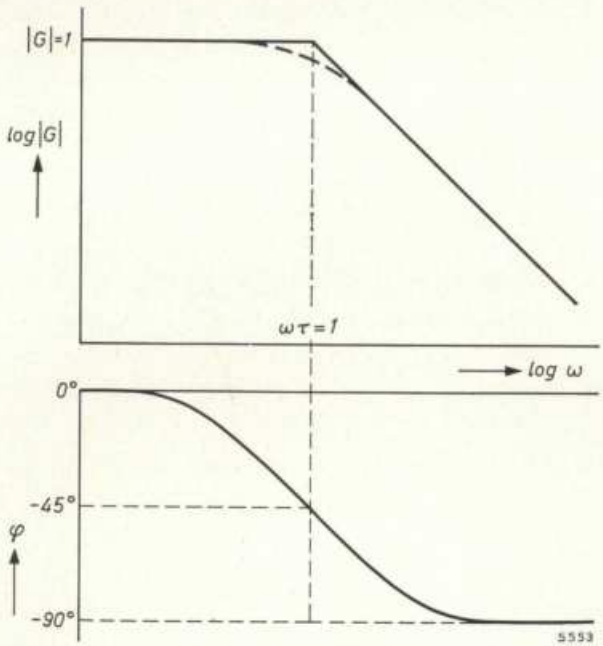


Fig. 2. Bode-diagram van een element met overbrengingsverhouding $G = (1 + j\omega\tau)^{-1}$. De amplitudekarakteristiek kan men benaderen door twee rechten die elkaar snijden op de verticaal $\omega = 1/\tau$. De fazedraaiing φ is bij de frequentie $1/\tau$ juist $-45°$ en wordt maximaal $-90°$.

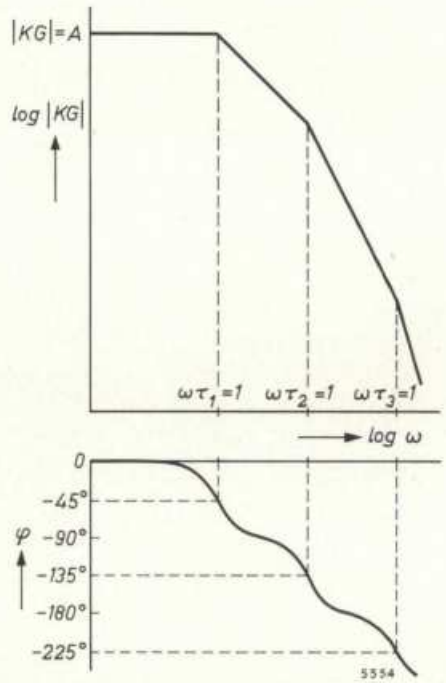


Fig. 3. Bode-diagram (benaderd) van een open regelkring bestaande uit een lineaire versterker (A) en een aantal elementen met overbrengingsverhouding $(1 + j\omega\tau_n)^{-1}$, waarvoor $\tau_1 \gg \tau_2 \gg \tau_3$ enz.

Zoals gezegd, dient, terwille van de stabiliteit, $|KG| < 1$ te zijn bij de frequentie ω_c, waarbij $\varphi = -180°$ is. In de praktijk mag men deze grens niet onbeperkt dicht naderen; naarmate de fazedraaiing die optreedt bij de frequentie voor welke $|KG| = 1$ is, dichter bij $-180°$ komt te liggen, is het systeem nl. minder goed gedempt en blijft het dus langer naslingeren. Het blijkt in de praktijk dat de stabiliteit voldoende gewaarborgd is als men een „fazemarge" kiest van 45°. Dit wil zeggen dat de versterking beneden één daalt bij de frequentie waar de fazedraaiing $-135°$ is. Bij een sprongvormige

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

storing is dan het doorschot (Eng. overshoot) Θ_S' niet meer dan ca. 15% (zie *fig. 4*). Zoals men uit fig. 3 kan aflezen, treedt een fazedraaiing van 135° juist op bij $\omega = 1/\tau_2$. Om aan de gestelde stabiliteitseis te voldoen, mag A dus niet groter zijn

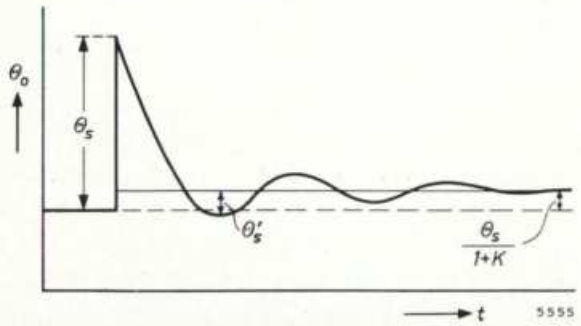


Fig. 4. Kiest men een „faze-marge" van 45°, dan is bij optreden van een sprongvormige storing ter grootte Θ_S het doorschot (Engels overshoot) Θ'_S niet groter dan ongeveer 0,15 Θ_S.

dan de waarde A_{max} waarbij de amplitudekarakteristiek de waarde één passeert in het tweede knikpunt (*fig. 5*).

Zoals we hebben gezien, heeft de geschematiseerde amplitudekarakteristiek van één blok voor frequenties groter dan $1/\tau_1$ een hellingscoëfficiënt —1. Hetzelfde geldt dus voor het stuk PQ (fig. 5) van de amplitudekarakteristiek van de complete (open) regelkring. De driehoek PQR is dus gelijkbenig: $PR = QR$. Hieruit volgt:

$$\log A_{max} - \log 1 = \log 1/\tau_2 - \log 1/\tau_1, \quad (3)$$

of

$$A_{max} = \frac{\tau_1}{\tau_2}. \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

In woorden: *de versterking in de opengeknipte kring mag, in verband met de stabiliteit, niet groter zijn dan het quotiënt van de grootste twee tijdconstanten.*

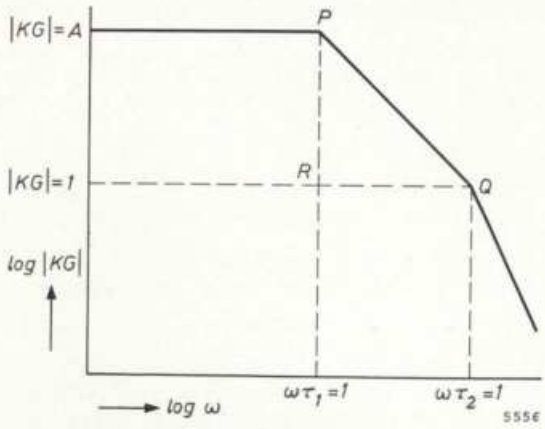


Fig. 5. Bij een faze-marge van 45° is de versterking $|KG|$ juist gelijk één als $\omega = 1/\tau_2$, d.w.z. in het tweede knikpunt Q van de door rechte lijnen benaderde dubbellogaritmische amplitudekarakteristiek. De hellingscoëfficiënt van het gedeelte tussen het eerste knikpunt (P) en het tweede is —1.

Uit formule (4) volgt rechtstreeks het principe waarop vrijwel alle methodes berusten die men toe kan passen om een niet goed werkend regelsysteem te verbeteren. Is het systeem niet voldoende stabiel, dan is A te groot, of anders gezegd: dan is τ_1/τ_2 te klein. Men moet dan het quotiënt τ_1/τ_2 zodanig vergroten dat het ten minste gelijk wordt aan A. Worden de storingen niet voldoende onderdrukt, dan moet men A vergroten, maar, blijkens het bovenstaande, terwille van de stabiliteit tevens τ_1/τ_2 zodanig doen toenemen dat dit quotiënt ten minste gelijk aan A blijft. *In beide gevallen moet men dus trachten het quotiënt τ_1/τ_2 groter te maken.*

Hoewel deze regel blijkens de afleiding van (4) alleen geldt voor regelkringen waarvan alle blokken de overbrengingsverhouding $K_n/(1 + j\omega\tau_n)$ hebben, terwijl $\tau_1 \gg \tau_2 \gg \tau_3$ enz., biedt hij toch voor vele praktijkgevallen een bruikbaar uitgangspunt.

Toepassingen

De in de regeltechniek gebruikelijke methodes om een niet bevredigend werkend regelsysteem te verbeteren, zijn: veranderen van een der tijdconstanten — indien uitvoerbaar, een uitzonderlijk eenvoudige methode; het aanbrengen van een element met hetzij negatieve hetzij positieve fazedraaiing; het aanbrengen van een integrerend element; het aanbrengen van een differentiërend element of een combinatie hiervan. We zullen thans aantonen dat deze maatregelen alle neerkomen op een vergroting van het quotiënt τ_1/τ_2. Bij de eerste methode, het veranderen van een der tijdconstanten, is dit direct duidelijk: men vergroot hierbij τ_1 of verkleint τ_2. (Het laatste is uiteraard alleen mogelijk als τ_3 voldoende klein is.) De andere methodes vereisen een iets uitvoeriger analyse.

Het aanbrengen van een fazedraaiend element

De elektrische of pneumatische schakelingen met negatieve fazedraaiing die in de regeltechniek voor het bovengenoemde doel worden toegepast — de elektrische staan in de elektrotechniek bekend onder de naam „phase-lag network" [3]) —, hebben de overbrengingsverhouding:

$$G' = \frac{1 + j\omega\tau_b}{1 + jb\omega\tau_b}, \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

waarin $b > 1$. Brengt men zo'n schakeling in een

[3]) Men vindt deze beschreven in boeken waarin de theorie der elektrische schakelingen behandeld wordt. Zie ook b.v. G. S. Brown en D. P. Campbell, Principles of servomechanisms, Wiley, New York 1948, hoofdst. 7; of R. A. Bruns en R. M. Saunders, Analysis of feedback control systems, McGraw-Hill, New York 1955, hoofdst. 6 en 13.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

regelkring aan, en kiest men τ_b gelijk aan τ_1, de grootste tijdconstante van de kring, dan geldt voor de combinatie van deze schakeling met het blok met tijdconstante τ_1:

$$G_1' = G' \times G_1 = \frac{1 + j\omega\tau_1}{1 + j\omega b\tau_1} \times \frac{1}{1 + j\omega\tau_1} = \frac{1}{1 + j\omega b\tau_1}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Het blok met tijdconstante τ_1 is dus schijnbaar vervangen door een gelijksoortig blok met tijdconstante $b\tau_1$. De versterking kan derhalve, na aanbrengen van een dergelijke schakeling, met een factor b vergroot worden zonder dat de stabiliteit afneemt. Als τ_1 reeds zeer groot is, kan men deze methode soms niet toepassen: het realiseren van de nòg grotere tijdconstante $b\tau_1$ in het fazedraaiende element is dan niet altijd mogelijk.

Met een zg. „phase-lead network" — ook wel dempingsnetwerk genoemd omdat het in het algemeen de demping in de gesloten kring vergroot — verkleint men op overeenkomstige wijze de waarde van τ_2. De overbrengingsverhouding van zo'n schakeling [3]) luidt:

$$K''G'' = \frac{1}{c} \frac{1 + j\omega\tau_c}{1 + j\omega\tau_c/c}, \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

waarin $c > 1$. Kiest men $\tau_c = \tau_2$, dan lijkt het alsof men in de open kring de tijdconstante τ_2 veranderd had in τ_2/c. De versterking mag dus met een factor c vergroot worden.

Evenals bij de methode waarbij τ_2 zèlf verkleind wordt, is het een voorwaarde dat τ_3 niet te dicht bij τ_2 ligt.

Daar het aanbrengen van de schakeling op zichzelf de versterking met een factor c doet afnemen, zal men bij toepassing van deze methode een totale extraversterking c^2 moeten aanbrengen. Het verzwakken van het signaal door het „phase-lead network" is soms een bezwaar; het kan gebeuren dat het aldus verzwakte signaal niet meer voldoende groot is ten opzichte van de ingangsruis van de versterker.

In de praktijk kiest men bij toepassing van de twee laatstbesproken methodes voor b resp. c waarden van de orde van grootte van tien.

Het aanbrengen van een integrerend of een differentiërend element

Het aanbrengen van een integrerend of een differentiërend element in een regelkring geschiedt gewoonlijk op de wijze die men vindt afgebeeld in *fig. 6*. Het signaal ε_0 dat hier aan het blok IV wordt toegevoerd, is niet slechts de A maal versterkte

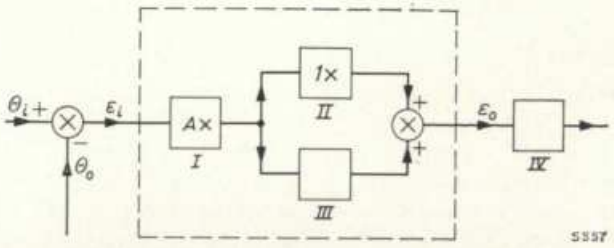


Fig. 6. De wijze waarop men een integrerend of differentiërend element (blok *III*) opneemt in een regelkring van een P.I.- resp. P.D.-regelaar. *I* is een lineaire versterker met versterkingsfactor *A*. *II* idem met versterkingsfactor één.

afwijking $\Theta_i - \Theta_0$, die we hier ε_i zullen noemen, maar bevat ook nog een component die afkomstig is van het integrerende of differentiërende element (blok *III*). Is blok *III* een integrator, dan spreekt men van een P.I.-regeling (P = proportioneel, I = integrerend); is *III* een differentiërend element, dan heeft men een P.D.-regeling (D = differentiërend)

Ingeval van een P.I.-regeling geldt:

$$\varepsilon_o = A \left\{ \varepsilon_i + \frac{1}{\tau_i} \int_0^t \varepsilon_i \, dt \right\}. \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Voor sinusvormige signalen levert dit voor het geheel der binnen de streeplijnenrechthoek getekende blokken:

$$KG_{P.I.} \equiv \frac{\varepsilon_o}{\varepsilon_i} = A\left(1 + \frac{1}{j\omega\tau_i}\right) = A\frac{1 + j\omega\tau_i}{j\omega\tau_i}. \quad . \quad (9)$$

Nu integreren de in de praktijk toegepaste schakelingen nooit onbeperkt. Voert men een constant signaal toe, dan blijft het uitgangssignaal niet onbeperkt toenemen, maar bereikt toch ten slotte een eindwaarde. In vele gevallen is bij de frequentie nul de versterking niet oneindig groot, maar heeft een eindige waarde, die we B zullen noemen. De overbrengingsverhouding is dan niet $1/j\omega\tau_i$ maar

$$\frac{1}{(1/B) + j\omega\tau_i}.$$

De overbrengingsverhouding $KG_{P.I.}$ wordt in deze gevallen derhalve niet gegeven door (9) maar door:

$$KG_{P.I.} = A\left\{1 + \frac{1}{(1/B) + j\omega\tau_i}\right\} = AB^* \frac{1 + j\omega\tau_i^*}{1 + j\omega B^*\tau_i^*}. \quad . \quad . \quad (10)$$

Hierin is $B^* = B + 1$ en $\tau_i^* = B\tau_i/(B + 1)$.

Zoals men ziet, heeft deze overbrengingsverhouding dezelfde vorm als die van een „phase-lag network". Kiest men τ_i zodanig dat $\tau_i^* = \tau_1$ is, dan wordt in de kring τ_1 weer schijnbaar vergroot

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

tot $B^*\tau_i^*$ ofwel tot $B\tau_1$. Een verschil is dat de factor B veel groter kan zijn dan de maximumwaarde van b die praktisch gerealiseerd kan worden.

Het niet-ideale gedrag van in de praktijk voorkomende integrators lichten we kort toe aan de hand van twee voorbeelden. Het eerste is dat van een condensator die geladen wordt door een stroom. De spanning zal niet onbeperkt kunnen stijgen door twee oorzaken: a) de bekleedsels van de condensator zijn niet volmaakt van elkaar geïsoleerd; bij zeer hoge spanning is de lekstroom niet te verwaarlozen, b) er bestaat geen stroombron die bij onbeperkt hoge tegenspanning stroom kan blijven leveren. Hetzelfde geldt mutatis mutandis voor pneumatisch werkende integrators. Formeel maakt het geen verschil welk van de beide genoemde oorzaken in een bepaald geval domineert. Als tweede voorbeeld noemen we een motor, die niet onbeperkt mag blijven doordraaien maar moet stoppen zodra b.v. het glijcontact van een potentiometer dat hij bedient, aan het uiteinde van de weerstand is gekomen. De oorzaak van het niet-ideale gedrag is in beide voorbeelden van verschillende aard. In het eerste geval heeft men te doen met een ongewenste extra tijdconstante, maar het element blijft lineair, in het tweede geval treedt niet-lineariteit op. In beide gevallen benadert de werking de ideale slechts als het uitgangssignaal niet te groot is. Bij het afleiden van formule (10) is gedacht aan een integrator van het type van ons eerste voorbeeld.

Heeft men een P.D.-regeling, dan vindt men de overbrengingsverhouding $KG_{\mathrm{P.D.}}$ uit:

$$\varepsilon_o = A\left(\varepsilon_i + \tau_d \frac{d\varepsilon_i}{dt}\right). \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Voor sinusvormige signalen levert dit:

$$KG_{\mathrm{P.D.}} = \frac{\varepsilon_o}{\varepsilon_i} = A\,(1 + j\omega\tau_d). \quad . \quad (12)$$

Ook hier is de praktijk ietwat anders: indien de frequentie een zekere waarde overschrijdt, houdt de differentiërende werking op. De in de praktijk optredende overbrengingsverhouding luidt dientengevolge:

$$KG_{\mathrm{P.D.}} = A\frac{1 + j\,\omega\tau_d}{1 + j\,\omega\tau_d/C}, \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

waarin $C \gg 1$.

Evenals bij aanbrengen van een „phase-lead network", verkleint men hier schijnbaar τ_2. Het verschil is weer dat C veel groter kan zijn dan de daar optredende factor c. Zowel B als C is meestal van de orde van grootte van 100.

Zoals reeds werd opgemerkt, kan men ook werken met een combinatie van twee of meer van de hierboven besproken methodes. Een zeer bekende is de zg. P.I.D.-regelaar, een installatie die parallel met het lineair versterkende zowel een integrerend als een differentiërend element bevat. Hier zou men dan $\tau_i = \tau_1$ en $\tau_d = \tau_2$ moeten kiezen. Ook deze regel voor het instellen van de regelaar kan beschouwd worden als een gemakkelijk hanteerbare vuistregel, die in de praktijk in vele gevallen opgaat.

Voor de invloed die de besproken maatregelen hebben op de snelheid waarmee het regelsysteem de nieuwe evenwichtstoestand bereikt bij optreden van een sprongvormige storing, kan eveneens een eenvoudige regel gegeven worden. Deze luidt: *indien men de versterking A steeds gelijk houdt aan τ_1/τ_2, verandert vergroting van τ_1 bij constante τ_2 de snelheid niet, verkleining van τ_2 bij constante τ_1 maakt de schakeling sneller.* Men kan de juistheid hiervan als volgt snel inzien. Globaal geldt voor laagdoorlatende filters — tot welke groep men geregelde systemen moet rekenen — dat de responsietijd gelijk is aan de reciproke waarde van de hoogste frequentie f_0 die wordt doorgelaten [4]). Nu wordt, als $A = \tau_1/\tau_2$ is, de hoogste doorgelaten hoekfrequentie ω_0 gegeven door: $\omega_0\tau_2 = 1$. Dit geldt nl. niet alleen voor de opengeknipte lus (vgl. fig. 5) maar evenzeer voor de gesloten lus waarvoor de amplitudekarakteristiek immers gegeven wordt door de formule:

$$\frac{\Theta_o}{\Theta_i} = \frac{KG}{1 + KG}.$$

De responsietijd is derhalve evenredig met τ_2 en wordt — althans zolang τ_1 enige malen zo groot is als τ_2 — niet beïnvloed door variaties in τ_1.

Resumerend kunnen we zeggen dat de basisformule $A_{\max} = \tau_1/\tau_2$ niet alleen leert wat men in een bepaald geval ter verbetering van de installatie kan doen, maar dat ze ook in het algemeen een goed inzicht geeft in de waarde van de diverse gangbare methodes en in de onderlinge samenhang ervan.

[4]) Zie hiervoor b.v. blz. 352 van het in noot [3]) aangehaalde boek van Brown en Campbell of W. C. Elmore en M. Sands, Electronics, McGraw-Hill, New York 1949, blz. 139.

Samenvatting. Wil een regelinstallatie stabiel zijn, dan moet de versterking $|KG(j\omega)|$ van de open kring kleiner dan één zijn voor de frequentie waarbij de fazedraaiing $\varphi = -180°$ is. In de praktijk neemt men een veiligheidsmarge van 35° en streeft men ernaar $|KG| < 1$ te doen zijn als $\varphi = -135°$ is. In kringen die behalve een lineaire versterker uitsluitend elementen bevatten met overbrengingsverhouding $(1 + j\omega\tau_n)^{-1}$, en waarvoor geldt $\tau_1 \gg \tau_2 \gg \tau_3$ enz., blijkt aan deze eis voldaan te zijn indien $|KG(0)| \leqq \tau_1/\tau_2$. Deze formule is ook bruikbaar in gevallen waar de genoemde voorwaarden niet geheel vervuld zijn. Alle bekende maatregelen ter verbetering van een regelkring, te weten: veranderen van een der tijdconstanten, gebruik van „phase-lag network" of „phase-lead network", integrerend element (met $\tau_i = \tau_1$) of differentiërend element (met $\tau_d = \tau_2$), blijken neer te komen op een vergroting van τ_1/τ_2. Kiest men $|KG(0)| = \tau_1/\tau_2$, dan is de responsietijd van de regelaar ongeveer gelijk aan τ_2 en onafhankelijk van τ_1.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

SCHAKELINGEN VOOR VERSCHILVERSTERKERS, II

door G. KLEIN *) en J. J. ZAALBERG van ZELST *).

621.375:621.317.725.083.6

In deel II van dit artikel worden enkele problemen behandeld die zich voordoen bij het toepassen van de schakelingen die in deel I werden besproken. Verder worden nog enkele toepassingen van verschilversterkers beschreven, met name het gebruik als „elektronische spanning-microscoop" en als logaritmisch aanwijzende voltmeter.

Invloed van de ingangsketen op de rejectiefactor

Indien men de spanning tussen twee punten wil meten, en indien men hiertoe, omdat de punten een hoge spanning tegen aarde gemeen hebben, gebruik wil maken van een verschilversterker met een grote rejectiefactor, dient ook zorg te worden besteed aan de keten door middel waarvan de versterker wordt gekoppeld met de punten waartussen de te meten spanning staat. Een kleine asymmetrie hierin kan de resultaten die met een goede verschilversterker zijn te verkrijgen, grondig bederven.

Wanneer uitsluitend wisselspanningen worden onderzocht, koppelt men de versterker meestal met de meetpunten door middel van een tweetal condensatoren, C en C' (*fig. 18*). Er vindt dan een spanningsdeling plaats over deze condensatoren en de ingangsweerstanden R_i en R_i' van de versterker. Zijn de produkten R_iC en $R_i'C'$ niet gelijk, dan ontstaat uit een eventuele fazecomponent van E_i en E_i' een tegenfazecomponent van de spanning aan de ingangsklemmen. Men kan dus bij dit koppelnetwerk van een eigen, niet oneindig grote, rejectiefactor spreken. Een eenvoudige berekening leert dat deze factor, mits de genoemde afwijking niet te groot is, gegeven wordt door:

$$H = \frac{4\pi f R_i C}{\delta}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

Hierin is f de signaalfrequentie en δ het relatieve verschil tussen de produkten R_iC en $R_i'C'$. Gebruikt men voor R_i, R_i', C en C' onderdelen die een maximale afwijking van 5% van de nominale waarde kunnen vertonen, dan kunnen de produkten R_iC en $R_i'C'$ maximaal 20% verschillen ($\delta_{max} = 0{,}2$). In dit geval is de minimale waarde van de rejectiefactor:

$$H_{min} = 20\pi f R_i C. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

Eist men b.v. $H_{min} = 50\,000$ bij $f = 50$ Hz, dan moet het produkt R_iC ten minste gelijk zijn aan 16 sec. Indien de nominale waarde van R_i en R_i' 1 MΩ is, moeten derhalve voor C en C' condensatoren met een nominale waarde van de capaciteit van ten minste 16 μF worden gebruikt.

Dit is een veel grotere waarde dan nodig zou zijn alleen om het spanningsverlies dat in een dergelijk netwerk optreedt, redelijk klein te houden. Een eenvoudige berekening toont aan, dat om de ingangssignalen van de versterker niet meer dan 1% van E_i en E_i' te laten verschillen, de capaciteit van C en C' onder de genoemde omstandigheden slechts 0,022 μF behoeft te zijn.

Een andere grootheid waarmee bij het gebruik van een verschilversterker terdege rekening moet worden gehouden, is de inwendige weerstand van de spanningsbronnen die de te onderzoeken spanningen E_i en E_i' leveren. Een vrij klein verschil tussen deze weerstanden kan eveneens een aanzienlijke verkleining van de rejectiefactor veroorzaken.

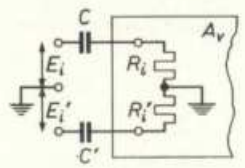


Fig. 18

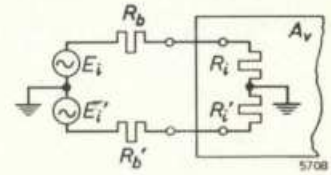


Fig. 19

Fig. 18. Keten waardoor een verschilversterker A_v is gekoppeld met de punten die het te meten spanningsverschil vertonen. Onderlinge verschillen tussen C en C' en tussen R_i en R_i' kunnen een grote invloed hebben op de rejectiefactor.

Fig. 19. Aansluiting van een verschilversterker A_v op twee punten die elektrisch kunnen worden beschouwd als spanningsbronnen met een zekere inwendige weerstand R_b en R_b'. Een verschil in deze weerstanden heeft een grote invloed op de rejectiefactor.

In *fig. 19* zijn de inwendige weerstanden van de signaalbronnen met R_b en R_b' aangegeven. Ook bij het hier geschetste netwerk kan men weer van een rejectiefactor spreken. Zijn R_i en R_i' gelijk, dan is deze factor:

$$H = 2\,\frac{R_i}{\Delta R_b}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

*) Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Hierin is ΔR_b de absolute waarde van het verschil tussen R_b en R_b'. Bij een voor verschillende doeleinden bestemde versterker moet men er rekening mee houden dat in sommige gevallen de inwendige weerstand van één der spanningsbronnen, b.v. R_i', nul is. In dit geval is ΔR_b gelijk aan de inwendige weerstand van de andere spanningsbron, dus is:

$$H = \frac{2R_i}{R_b}. \quad \ldots\ldots \quad (20)$$

Is een bepaalde waarde van R_b gegeven en wil men met de bovengenoemde ongunstige situatie rekening houden, dan moeten dus volgens (20) de ingangsweerstanden van de verschilversterker ten minste zijn:

$$R_i = \tfrac{1}{2} H R_b. \quad \ldots\ldots \quad (21)$$

Is b.v. R_b gelijk aan 1 kΩ en is de minimaal toelaatbare waarde van de rejectiefactor van het ingangscircuit 50 000, dan moeten volgens (21) de ingangsweerstanden R_i en R_i' ten minste 25 MΩ zijn. Een dergelijke waarde is vrijwel altijd aanwezig in gelijkstroomversterkers, waar de roosters van de eerste buizen direct met de ingangsklemmen zijn verbonden en tussen de roosters en katodes van deze buizen geen lekweerstanden nodig zijn. In wisselstroomversterkers, waar tussen de roosters en de ingangsklemmen condensatoren zijn geschakeld en dus ook lekweerstanden moeten worden aangebracht, zijn soms speciale maatregelen nodig om de gewenste hoge ingangsweerstand te verkrijgen.

In de praktijk zullen zich vaak gevallen voordoen waarbij de rejectiefactor van het ingangscircuit zowel door koppelcondensatoren als door de inwendige weerstanden van de spanningsbronnen wordt bepaald. Het is vrij eenvoudig om ook hiervoor de eisen te berekenen waaraan de verschillende weerstanden en condensatoren moeten voldoen teneinde voor H een bepaalde minimale grootte te kunnen garanderen.

Meertrapsverschilversterkers

De in het voorgaande beschouwde verschilversterkers bestonden alle uit slechts één trap. Wij zullen thans in het kort enkele problemen bespreken die zich voordoen bij het ontwerp van verschilversterkers die uit verscheidene trappen bestaan. In een vorig artikel [5]) werd reeds aangetoond dat de rejectiefactor meestal in hoofdzaak wordt bepaald door die van de eerste trap. Er dient op gewezen te worden, dat bij een meertrapsversterker de genoemde factor mede kan worden beïnvloed door de koppelelementen tussen de trappen. Ook in deze elementen kan een asymmetrie leiden tot een geringere waarde van de rejectiefactor die met een bepaalde schakeling kan worden gegarandeerd. Een en ander is geheel analoog met hetgeen in de vorige paragraaf is gezegd omtrent de schakelelementen waardoor de verschilversterker met de meetpunten is verbonden. Aangezien echter aan het gedeelte van de schakeling dat op de eerste trap volgt, minder hoge eisen worden gesteld, gelden ook voor de koppelelementen tussen de trappen minder rigoureuze voorwaarden.

Bij versterkers voor wisselspanningen vindt de koppeling tussen de verschillende trappen vrijwel altijd op de gebruikelijke wijze plaats met condensatoren en weerstanden. Het voorgaande geldt in dit geval dan ook voor deze schakelelementen. Bij verschilversterkers voor gelijkspanning kunnen uiteraard geen koppelcondensatoren worden gebruikt. In dit geval kan men de roosters van de buizen van de tweede trap direct verbinden met de anodes van de buizen van de eerste trap (zie *fig. 20*). Om de buizen van de tweede trap dan normaal te kunnen

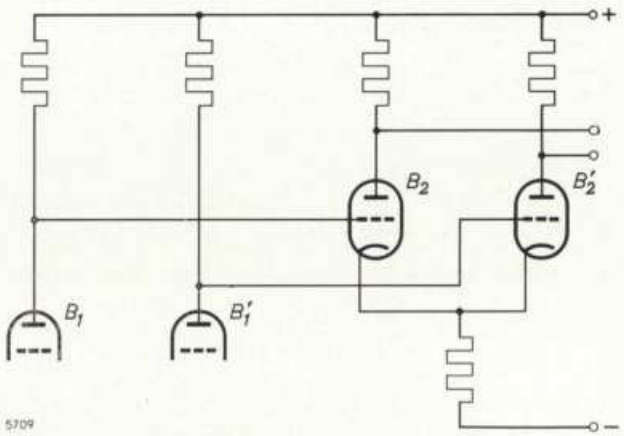


Fig. 20. Verschilversterker voor gelijkspanningen met directe koppeling tussen de beide trappen.

instellen, moeten hiervan de anodes en katodes een hogere spanning hebben dan de overeenkomstige elektrodes van de buizen van de voorgaande trap. Het feit dat dan hogere voedingspanningen nodig zijn, kan als een bezwaar worden gevoeld. Om dit te ondervangen kan men bij de koppeling tussen de verschillende trappen spanningdelers toepassen (*fig. 21*), waardoor het „spanningsniveau" van de tweede trap, en eventuele volgende trappen, wordt verlaagd. Natuurlijk gaat dit gepaard met een verklei-

[5]) G. Klein en J. J. Zaalberg van Zelst, Algemene beschouwingen over verschilversterkers, Philips techn. T. **22**, 366-373, 1960 (no. 11).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

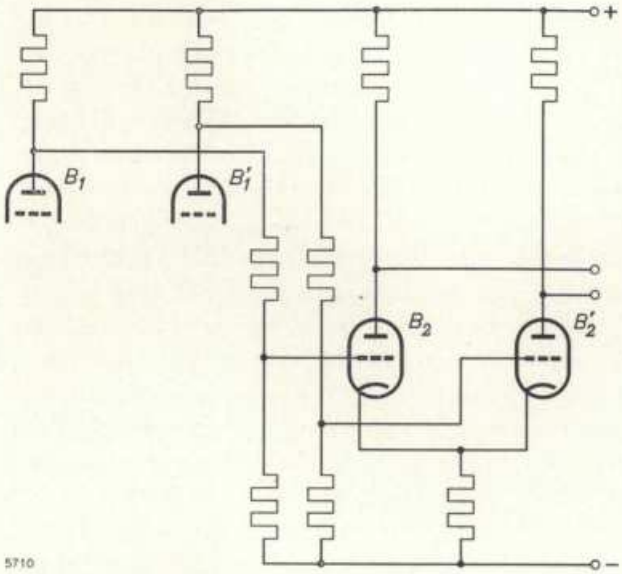


Fig. 21. Verschilversterker voor gelijkspanningen, waarbij de beide trappen via spanningdelers zijn gekoppeld.

ning van de gevoeligheid van de versterker; een nog belangrijker bezwaar is dat door het aanbrengen van de spanningdelers de uitgangsweerstanden van de eerste trap worden verhoogd en de ingangsweerstanden van de tweede trap worden verlaagd, waardoor in verband met de spreiding in deze weerstanden, de grootte van de rejectiefactor die voor het koppelnetwerk kan worden gegarandeerd, kleiner wordt (zie verg. 20). Om deze reden zal men in gelijkspanningsverschilversterkers waarbij zeer hoge eisen aan H_{min} worden gesteld, toch vaak de roosters van de buizen van de tweede trap direct met de anodes van de buizen van de eerste trap verbinden. Bij de verdere trappen kan men dan de koppeling uitvoeren volgens fig. 21 (zie ook fig. 26).

Een schakeling waarmede het gelijkspanningsniveau kan worden verlaagd zonder noemenswaardig verlies in gevoeligheid, wordt verkregen door het gebruik van schakelelementen waarvan de differentiaalweerstand veel groter is dan de gelijkstroomweerstand. In *fig. 22* is een dergelijke schakeling getekend. De elementen met een zeer grote differentiaalweerstand worden gevormd door de triodes B_2 en B_2' met in de katodeleidingen opgenomen weerstanden R_{k2} en R_{k2}'. Zijn de weerstanden R_2 en R_2' klein ten opzichte van deze differentiaalweerstanden, dan kan het gelijkspanningsniveau van de punten *c* en *d* veel lager zijn dan dat van de punten *a* en *b*, terwijl toch de signaalspanningen vrijwel onverzwakt worden doorgegeven. Een schakeling zoals in fig. 22 is geschetst, kan vooral met voordeel worden toegepast indien de verschilversterker grote uitgangssignalen moet kunnen leveren, b.v. voor de deflectie van de bundel bij een katodestraalbuis. Eventuele moeilijkheden die bij het gebruik van een uit normale weerstanden opgebouwde spanningdeler kunnen ontstaan door het feit dat de laatste trap dan een signaalspanning moet leveren die enkele malen groter is dan de spanning die van de spanningdeler wordt afgenomen, kunnen op deze wijze worden voorkomen.

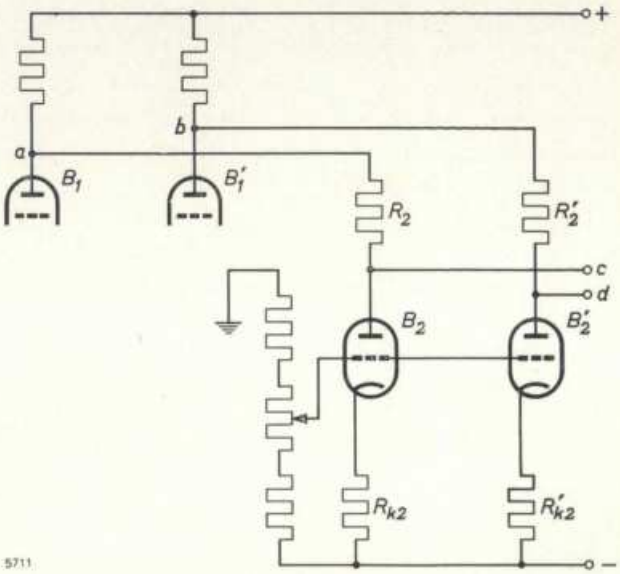


Fig. 22. Schakeling waarbij het gelijkspanningsniveau van de punten *c* en *d* lager is dan dat van de punten *a* en *b*, terwijl toch nauwelijks een verzwakking van de signaalspanning optreedt.

Regeling van de versterking

Wanneer een verschilversterker uit verscheidene trappen bestaat, zal men meestal de versterking regelbaar willen maken. Bij de keuze van de hiervoor toegepaste schakeling dient men rekening te houden met de mogelijkheid dat ook door de versterkingsregeling de waarde van de rejectiefactor kan worden verkleind. Om deze reden is het in het algemeen af te raden om deze regeling te doen plaatsvinden in de eerste trap, waaraan immers de hoogste eisen met betrekking tot de rejectiefactor worden gesteld.

Een veel gebruikte methode voor het regelen van de versterking, het variëren van de steilheid van buizen door het veranderen van de negatieve roosterspanning, komt hier niet in aanmerking. In verband met de grote differentiaalweerstanden in de katodeleidingen is dit nl. zeer weinig effectief.

Een belangrijk bezwaar is ook verbonden aan een sterkteregeling volgens het schema van *fig. 23*. Past men deze methode toe bij een gelijkspanningsversterker, dan wijzigt men nl. tevens de instelling van de buizen van de volgende trap. Bij deze schakeling wordt ook de te garanderen rejectie-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

factor kleiner, en wel door de spreiding in de spanningdeelverhouding van de potentiometers.

In *fig. 24* is een manier aangegeven waarop men de versterking van een verschilversterker kan varieren zonder dat de instelling van de buizen een verandering ondergaat. Door middel van de tussen de beide anodes aangebrachte regelbare weerstand kan men de versterking voor tegenfazesignalen veranderen. Op de versterking voor fazesignalen heeft deze weerstand echter geen invloed, zodat van de trap waarin men deze schakeling toepast, de discriminatiefactor F varieert. Men zal dus hierbij hogere eisen moeten stellen aan de rejectiefactor H van de volgende trap.

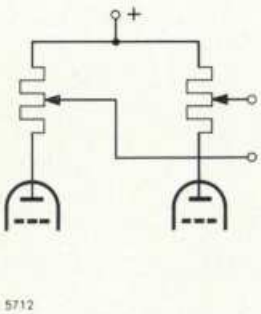


Fig. 23

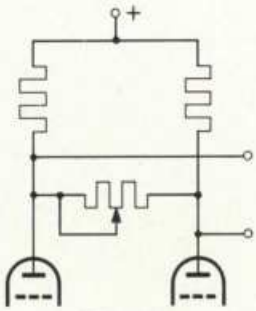


Fig. 24

Fig. 23. Schakeling voor het regelen van de versterking. Door de spreiding in de spanningdeelverhouding van de beide potentiometers kan een verkleining van de rejectiefactor ontstaan. Bij toepassing van deze schakeling in een gelijkstroomversterker wordt de instelling van de buizen van de volgende trap beïnvloed door de stand van de sterkteregelaar.

Fig. 24. Schakeling voor het regelen van de versterking. De discriminatiefactor is hierbij afhankelijk van de stand van de sterkteregelaar.

Hetzelfde kan worden gezegd van de in *fig. 25a* geschetste schakeling, waarbij een regelbare weerstand tussen de beide katodes is geschakeld. Ook hier heeft de grootte van deze weerstand geen invloed op de versterking voor fazesignalen. Voor tegenfazesignalen daarentegen is de versterking wel afhankelijk van de genoemde weerstand. Ook hier zal dus de discriminatiefactor kleiner worden als men de versterking vermindert. Bij deze schakeling kan door de regelbare weerstand tevens de rejectiefactor worden beïnvloed. Men ziet dit het eenvoudigst in als men voor de in driehoek geschakelde weerstanden de equivalente sterschakeling tekent, waardoor fig. 25*b* ontstaat. In deze schakeling zijn de beide buizen tegengekoppeld door middel van in de katodeleidingen aanwezige weerstanden. Deze weerstanden zijn ongeveer gelijk aan de helft van de in fig. 25*a* tussen de katodes aanwezige weerstand. De effectieve steilheid van de buizen wordt door deze tegenkoppeling kleiner, wat ook hier weer met een verkleining van de gegarandeerde rejectiefactor gepaard gaat. Ook deze schakeling zal men dus bij voorkeur toepassen in één der laatste trappen van een verschilversterker, omdat hier minder hoge eisen aan de rejectiefactor worden gesteld.

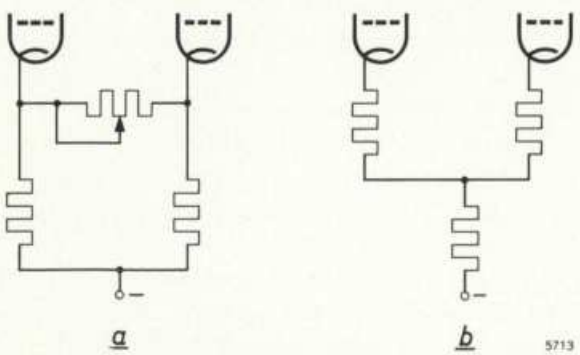


Fig. 25. *a*) Schakeling voor het regelen van de versterking. Hierbij is zowel de discriminatiefactor als de rejectiefactor afhankelijk van de stand van de sterkteregelaar.
b) Vervangschema, waarbij de driehoekschakeling van weerstanden is vervangen door een sterschakeling.

Ter verdere illustratie van de wijze waarop de versterking kan worden geregeld, is in *fig. 26* het schema van een uit drie trappen bestaande verschilversterker getekend. In de tweede trap is een sterkteregelaar in drie stappen volgens fig. 24 aangebracht, terwijl in de derde trap de versterking continu kan worden geregeld volgens het in fig. 25 aangegeven principe. Nadere bijzonderheden omtrent dit schema zijn in het onderschrift vermeld.

Invloed van de voedingsspanningen; stabiliteit

Bij een gevoelige, niet in balans uitgevoerde versterker voor signalen met zeer lage frequenties moet altijd zeer veel zorg worden besteed aan de constantheid van de voedingsspanningen, speciaal aan die voor de eerste trap. Zo zal b.v. een verandering van de anodevoedingsspanning een verandering van de anodespanning van de buizen in deze trap veroorzaken, welke spanningsverandering door de volgende trappen wordt versterkt en dus optreedt als een storende spanning in het versterkte signaal. Het is van belang erop te wijzen dat, voor een gegeven gevoeligheid, bij een *verschil*versterker veel minder hoge eisen aan de constantheid van de voedingsspanningen behoeven te worden gesteld dan bij een normale versterker. Om dit in te zien denke men zich een verschilversterker in de eenvoudigste vorm, met triodes waarvan de stuurroosters in de rusttoestand aardpotentiaal hebben, dus b.v. een versterker met een schakeling zoals in fig. 1 is getekend. Veranderen de positieve en de negatieve voedingsspanningen met een zelfde bedrag in dezelfde richting, dan komt dit overeen met een fazesignaal aan

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

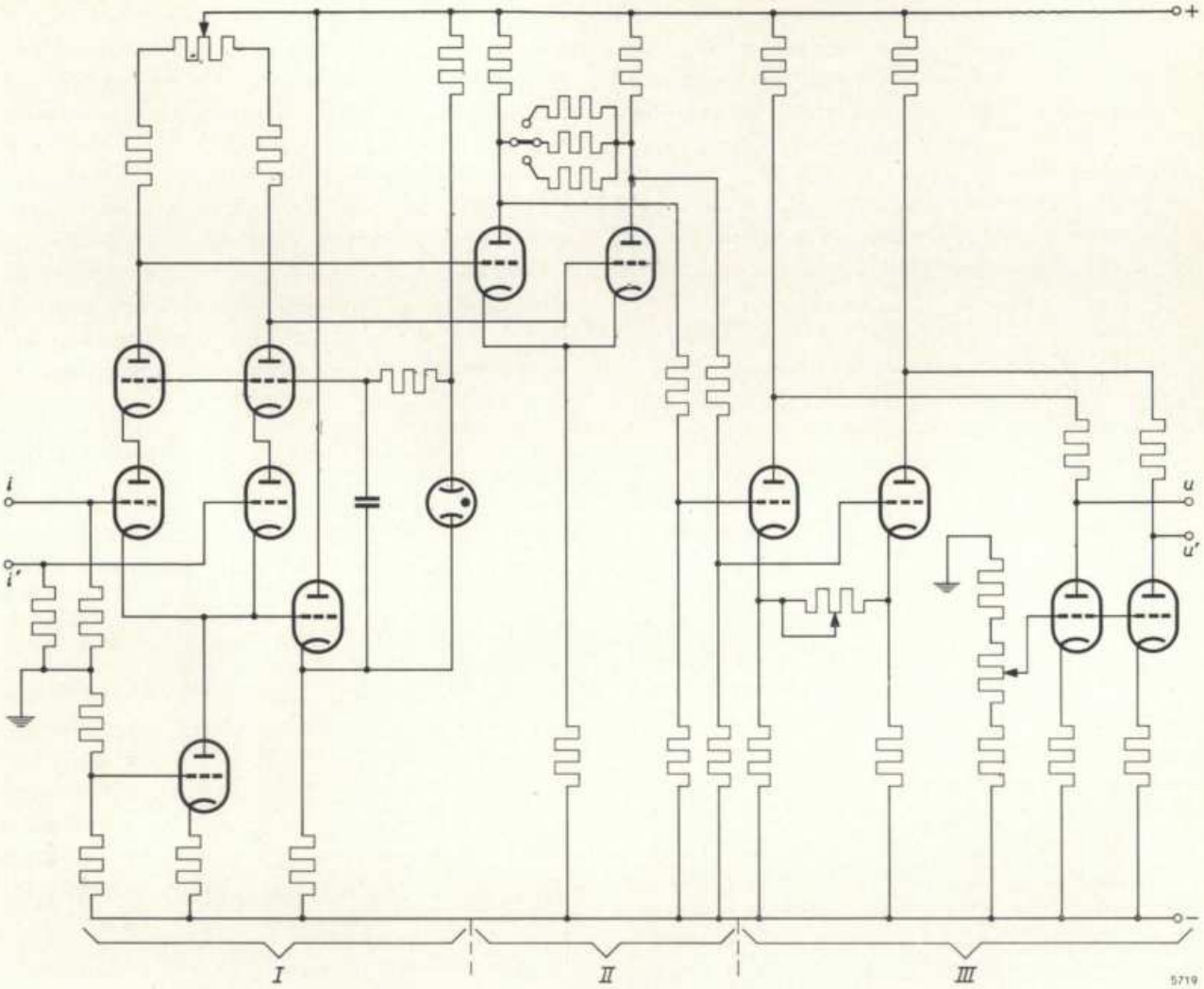


Fig. 26. Schakelschema van een uit drie trappen bestaande verschilversterker. De trappen zijn aangeduid met *I*, *II* en *III*. Trap *I* is uitgevoerd volgens het schema van fig. 14, voor *II* en *III* zijn eenvoudige schakelingen met twee triodes gebruikt. De trappen *I* en *II* zijn direct gekoppeld (vergelijk fig. 20), terwijl tussen *II* en *III* spanningdelers zijn geschakeld ter verlaging van het gelijkspanningsniveau (fig. 21). In *II* is een sterkteregeling in drie trappen volgens fig. 24 aangebracht, terwijl *III* van een sterkteregeling volgens fig. 25 is voorzien. De uitgangsklemmen worden in de rusttoestand op aardpotentiaal gebracht door een schakeling volgens fig. 22. De verschillende hoogten waarop de buizen zijn getekend, corresponderen met de verschillen in hun gelijkspanningsniveau.

de ingangsklemmen. Aan de uitgangsklemmen komt dit fazesignaal ten opzichte van het te versterken tegenfazesignaal verzwakt met de rejectiefactor tot uiting.

Ondergaat slechts één van beide voedingsspanningen een verandering, dan is het resultaat hiervan op het uitgangssignaal minder eenvoudig te overzien. Men kan aantonen dat in het uitgangssignaal een verandering van de *positieve* voedingsspanning van de eerste trap tot uiting komt als een tegenfazesignaal dat ten opzichte van het te versterken signaal verzwakt is met een factor

$$\frac{2\mu^2}{\Delta\mu},$$

terwijl deze factor voor een verandering van de *negatieve* voedingsspanning bedraagt:

$$\frac{4S\,R_k}{\frac{\Delta S}{S}+\frac{\Delta R_a}{R_a}+\frac{1}{4}\frac{R_a}{R_k}\frac{\Delta\mu}{\mu^2}}.$$

Uit verg. (5) zien wij dat de som van de reciproke waarden van deze beide factoren gelijk is aan $1/H$, wat het hierboven reeds afgeleide effect van een gelijktijdige verandering in dezelfde richting van de beide voedingsspanningen bevestigt. Daar de rejectiefactor ten minste gelijk is aan H_{min}, zijn de beide genoemde verzwakkingsfactoren altijd groter dan de minimale waarde van de rejectiefactor.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Bij gecompliceerdere schakelingen hebben wij ook te maken met hulpspanningen, die eenvoudigheidshalve vaak van de positieve en negatieve voedingsspanningen worden afgeleid en dus veranderingen van deze spanningen geheel of gedeeltelijk volgen (zie b.v. de fig. 10 en 11). Het blijkt dat de langs deze wegen geïntroduceerde verstoringen toch altijd enkele ordes van grootte kleiner zijn dan die welke bij een enkelzijdige versterker optreden.

Doordat de emissie van een buis afhankelijk is van de *gloeispanning* en deze afhankelijkheid bij de verschillende buizen verschillen vertoont, zullen aan de uitgangsklemmen ook veranderingen van deze spanning tot uiting komen als een tegenfazesignaal, uiteraard met een zeer lage frequentie. De grootte van dit tegenfazesignaal hangt af van de constructie van de buizen, en het is dan ook niet te verwonderen dat de maximale waarde ervan afhangt van het gebruikte buistype. Uit metingen aan vele buizen is gebleken dat in dit opzicht het type E 80 CC de gunstigste resultaten oplevert. Het bleek dat bij een verschilversterker die met buizen van dit type was uitgerust, een gloeispanningsverandering van 10% een storend tegenfazesignaal veroorzaakt dat maximaal met een tegenfazesignaal van 10 mV aan de ingang overeenkomt. Hoewel deze storing klein is vergeleken met de overeenkomstige storing bij een enkelzijdige versterker (100 à 200 mV), is ze in vele gevallen nog veel te groot. Ook bij verschilversterkers kan het dus nodig zijn zorg te dragen voor een redelijk constante gloeispanning, met variaties die aanzienlijk minder dan 10% bedragen.

Een andere complicatie die zich vaak bij gevoelige versterkers voordoet, is het optreden van terugkoppeling via de voedingsapparatuur, hetgeen zelfs tot oscilleren aanleiding kan geven. Bij een *balansversterker* is deze terugkoppeling in de regel in veel mindere mate aanwezig dan bij een enkelzijdige versterker, doordat de stroomvariaties in de eindbuizen in tegenfaze zijn en het voedingsapparaat hierdoor vrijwel geen met de signalen variërende stroom behoeft te leveren. Nog gunstiger is in dit opzicht een *verschilversterker*, doordat een eventuele via de voedingsapparatuur van de uitgangszijde naar één der voorgaande trappen teruggevoerde signaalspanning volgens het in het begin van deze paragraaf behandelde slechts zeer weinig wordt versterkt.

Vaak worden de genoemde voordelen reeds voor een belangrijk deel verkregen wanneer men niet de gehele versterker, maar alleen de *eerste trap* als verschilversterker construeert, en de verdere versterking met een normale versterker realiseert. In vele gevallen zal hierdoor de invloed van variaties van de voedingsspanningen en een eventuele neiging tot onstabiliteit reeds in hoge mate zijn onderdrukt. Meestal komen echter de grote voordelen van een verschilversterker pas ten volle tot hun recht indien men de *gehele* versterker als verschilversterker construeert; daar men voor de op de eerste trap volgende trappen meestal vrij eenvoudige schakelingen kan toepassen, kan een geheel in balans uitgevoerde versterker zelfs eenvoudiger zijn dan een versterker die gedeeltelijk enkelzijdig is.

De bovenvermelde voordelen van een verschilversterker kunnen aanleiding geven een dergelijke versterker ook te gebruiken in gevallen waarin het er niet om gaat het spanningsverschil van twee willekeurige punten te versterken, maar de spanning van één punt tegen aarde. Men legt dan één der beide ingangsklemmen aan aarde (*fig. 27*) en gebruikt de verschilversterker als „normale" versterker. De uitgangsspanning kan men hierbij naar verkiezing in balans tussen de uitgangsklemmen of tussen één dezer klemmen en aarde verkrijgen.

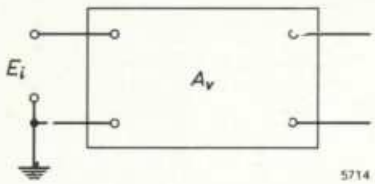


Fig. 27. Verschilversterker die wordt gebruikt als enkelzijdige versterker.

Tegenkoppeling

Het is gemakkelijk in te zien dat het aanbrengen in een verschilversterker van een eenvoudige vorm van tegenkoppeling, waarbij de faze- en tegenfazesignalen van de uitgangsklemmen in dezelfde verhouding naar de ingang worden teruggevoerd, een verkleining van de discriminatiefactor veroorzaakt. Doordat nl. de fazesignalen een veel kleinere versterking ondergaan, is ook de vermindering in versterking die door de tegenkoppeling ontstaat, voor deze signalen veel kleiner dan voor de tegenfazesignalen. Bij een systeem van tegenkoppeling dat men eventueel in een verschilversterker zou willen aanbrengen, zou daarom de tegenkoppelverhouding voor fazesignalen veel groter moeten zijn dan voor tegenfazesignalen. Minder eenvoudig te doorzien is de invloed die het aanbrengen van tegenkoppeling heeft op de rejectiefactor. Hierbij speelt immers de onderlinge beïnvloeding van faze- en tegenfazesignalen een rol. Om deze reden zien wij in dit artikel af van een behandeling van de problemen die zich bij het aanbrengen van tegenkoppeling in een verschilversterker voordoen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Een geheel andere zaak is, dat men een verschilversterker kan gebruiken als hulpmiddel om een zeer effectief werkende tegenkoppeling aan te brengen in een enkelzijdige versterker. Op de gebruikelijke wijze wordt hierbij een aan de uitgang ontleende signaalspanning naar de ingangstrap van de versterker teruggevoerd. Men wenst nl. het verschil tussen het ingangssignaal en het aan de uitgang ontleende signaal te versterken. Een veel toegepaste schakeling is die waarbij het laatstgenoemde signaal aan de katode van de eerste buis wordt toegevoerd. Deze buis fungeert dan in feite als verschilversterker. Het zal na het voorgaande duidelijk zijn dat de rejectiefactor van een dergelijke „verschilversterker" in de regel zeer klein is. Al wordt het met de tegenkoppeling beoogde doel (vermindering van de vervorming en vermindering van de invloed van de parameters van buizen en andere onderdelen op de versterking) meestal wel redelijk bereikt, toch kan men een hogere graad van volkomenheid verkrijgen door het gebruik van een goede verschilversterker als eerste trap (zie *fig. 28*). De tegenkoppeling werkt dan nl. effectiever doordat het ingangssignaal en het tegenkoppelsignaal in vrijwel gelijke mate tot het uitgangssignaal bijdragen. Verder worden nog enkele schakeltechnische voordelen verkregen door het feit dat de terugkoppelketen bijna niet wordt belast en doordat het tegenkoppelsignaal op aardpotentiaal aan de eerste trap kan worden toegevoerd.

Het gebruik van verschilversterkers bij grote tegenfazesignalen

Wanneer hoge spanningen moeten worden gemeten, ofwel andere onderzoekingen hieraan moeten worden verricht, zal men in het algemeen niet direct aan het gebruik van een versterker met een grote versterking denken. Toch kan hier een gevoelige verschilversterker mogelijkheden bieden die met andere middelen veel moeilijker zijn te verwezenlijken. Om dit te doen inzien, maken wij er allereerst op attent dat bij de in het bovenstaande gegeven theorie omtrent de werking van een verschilversterker werd verondersteld dat het tegenfazesignaal op de roosters zo klein is dat in beide buizen nog een redelijke stroom blijft lopen. Dit signaal wordt dan versterkt zoals in een normale balansversterker. Wordt echter de genoemde grens door het tegenfazesignaal overschreden, dan vindt geen versterking meer plaats. Immers, in dit geval vloeit in één der buizen geen anodestroom, met het gevolg dat de andere buis functioneert als een enkelzijdige versterker waarbij in de katodeleiding een zeer grote weerstand is geschakeld. De versterking van deze buis is dan uiterst klein. We kunnen dus zeggen dat een verschilversterker alleen dàn versterkt wanneer het verschil in spanning van de beide ingangsklemmen een bepaalde waarde niet overschrijdt.

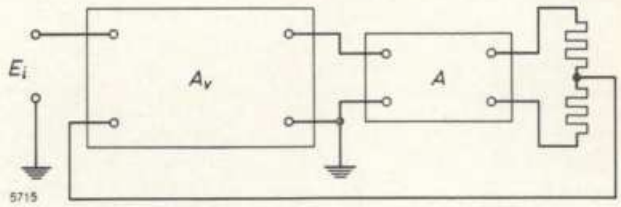


Fig. 28. Verschilversterker die wordt gebruikt als eerste trap in een versterker met tegenkoppeling.

Zodra dit spanningverschil groter is dan de bedoelde waarde, wordt de verschilversterker „overstuurd"; dit betekent echter in het geheel niet dat de buizen overbelast worden. Deze „oversturing" zal in een meertrapsversterker bij toenemend ingangssignaal het eerst optreden in de laatste trap, daar hier de signalen het grootst zijn. Is nu de versterking voor tegenfazesignalen groot, dan is, om de beschreven vorm van oversturing in de laatste trap te doen optreden, slechts een klein verschil in spanning tussen de ingangsklemmen nodig. Het is b.v. mogelijk de versterker zo in te richten dat versterking alleen plaatsvindt indien het spanningsverschil van de ingangsklemmen niet meer dan enkele millivolts, en zo nodig nog minder, bedraagt.

Van de genoemde eigenschap van een verschilversterker kan soms een nuttig gebruik worden gemaakt, met name wanneer men twee spanningen die op verschillende manieren van de tijd afhangen, zeer nauwkeurig wil vergelijken op de momenten waarop zij vrijwel gelijk zijn. Neemt men b.v. voor de ene ingangsspanning, E_i, een gelijkspanning en voor de andere, E_i', een grote wisselspanning (zie *fig. 29*), dan zal versterking van de laatstgenoemde spanning alleen plaatsvinden gedurende de tijden waarop de momentele waarde van deze wisselspanning slechts zeer weinig van de gelijkspanning verschilt. Aan de uitgangszijde van de verschilversterker kan men dan met een oscilloscoop zeer kleine gedeelten uit de tijdsgrafiek van de wisselspanning weergeven zonder dat men hierbij door de rest van deze kromme wordt gehinderd. In fig. 29 zijn deze gedeelten dik getekend. De op deze wijze gebruikte combinatie van verschilversterker en oscilloscoop zou men als een „*elektronische spanningsmicroscoop*" kunnen aanduiden. Gebruikt men een verschilversterker met een zeer grote versterking, dan kan men op deze wijze van het verloop van een wisselspanning van tientallen volts een detail ter grootte van enkele millivolts weergeven. Maakt men de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

gelijkspanning E_i ongeveer gelijk aan de topwaarde van de wisselspanning E_i', dan geeft de „spanning-microscoop" alleen de toppen van de wisselspanning weer (*fig. 30*). Men kan dan de mate van constantheid van de amplitude van deze wisselspanning

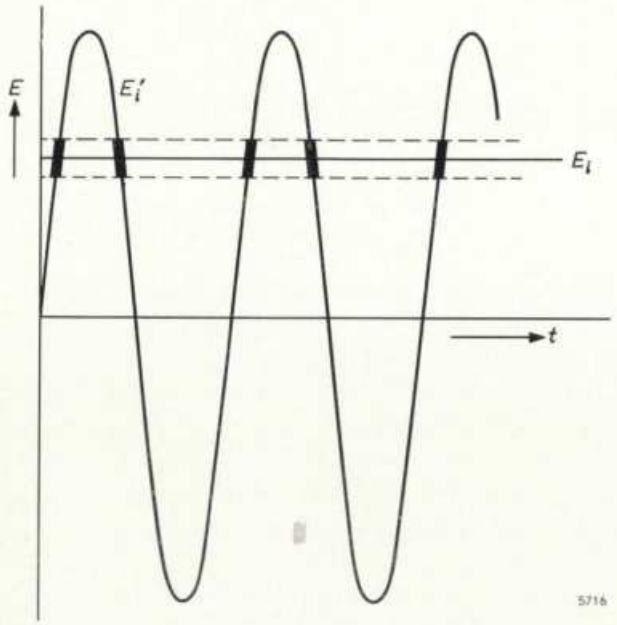


Fig. 29. Tijdsgrafiek van de spanningen E_i en E_i' aan de ingangsklemmen van een verschilversterker wanneer deze in combinatie met een oscilloscoop wordt gebruikt als „elektronische spanningsmicroscoop". Uitsluitend de dik aangegeven gedeelten van E_i' worden op het oscilloscoopscherm weergegeven.

met zeer grote nauwkeurigheid nagaan. In *fig. 31* is ter illustratie hiervan een oscillogram weergegeven dat werd verkregen door aan één ingangsklem van de verschilversterker een wisselspanning met een amplitude van 10 V en een frequentie van 80 Hz te leggen en aan de andere ingangsklem een gelijkspanning van 10 V. In de figuur komt de hoogte van een vakje overeen met 2 mV. Wij zien dat in de amplitude variaties optreden ter grootte van ongeveer 4 mV, d.i. 0,4 $^0/_{00}$. *Fig. 32* toont het „bovenste gedeelte" van een kanteelspanning van 10 V. Wij zien hier dat de toppen niet volkomen vlak verlopen, maar dat hierin variaties optreden van ongeveer 2 mV, d.i. 0,2 $^0/_{00}$.

Daar een gelijkspanning in de regel rechtstreeks nauwkeuriger kan worden gemeten (b.v. met een compensator) dan een wisselspanning, geeft een verschilversterker ook de mogelijkheid de amplitude van een wisselspanning op eenvoudige wijze zeer nauwkeurig vast te stellen. Men maakt dan op de in de figuren 30 en 31 geïllustreerde wijze de gelijkspanning E_i gelijk aan de amplitude van de te meten wisselspanning E_i' en meet E_i.

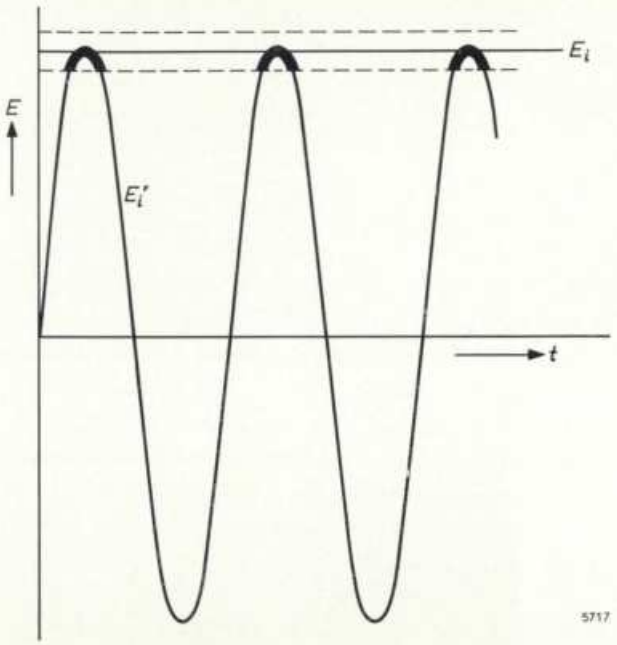


Fig. 30. Door de gelijkspanning E_i ongeveer gelijk te maken aan de amplitude van E_i', maakt men op het oscilloscoopscherm alleen de toppen van E_i' zichtbaar.

Tot slot willen wij nog wijzen op een andere toepassingsmogelijkheid van een verschilversterker, waarbij eveneens aan de ene ingangsklem een hoge gelijkspanning, E_i en aan de andere ingangsklem een periodiek variërende spanning E_i' wordt gelegd. In fig. 29 verloopt E_i' volgens een sinusfunctie, doch wij willen thans aannemen dat E_i' een andere

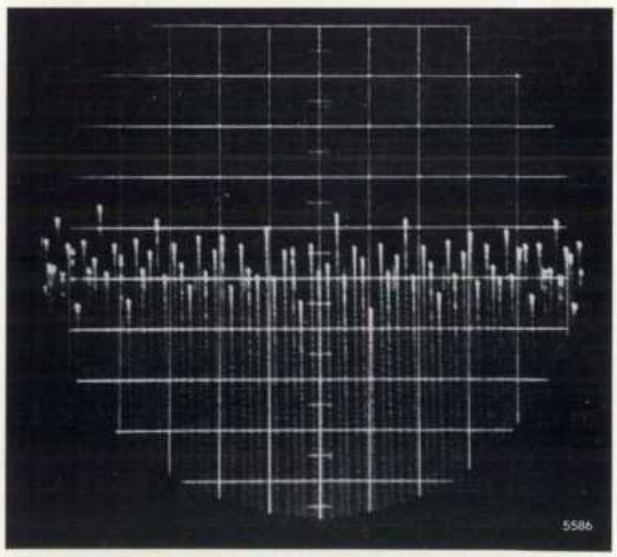


Fig. 31. Foto van het oscilloscoopscherm van een „spanningsmicroscoop" bij onderzoek van een wisselspanning met een amplitude van 10 V, waarvan alleen de toppen zichtbaar worden gemaakt. Eén vakje komt in verticale richting overeen met 2 mV, zodat, om de gehele grafiek van de wisselspanning te kunnen weergeven, het papier ongeveer 35 m hoog zou moeten zijn! Zeer kleine variaties in de amplitude kunnen op deze wijze worden aangetoond.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

periodieke functie van de tijd is. In *fig. 33* is als voorbeeld aangenomen dat E_i in iedere periode volgens een exponentiële funcie verloopt:

$$E_i' = E_{i0}' \, e^{-\frac{t}{T_0}}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

waarbij T_0 een constante is.

In ieder van de beide buizen van de laatste trap van de verschilversterker vloeit nu alleen anodestroom zolang de signaalspanning aan het rooster van de desbetreffende buis groter is dan die aan het rooster van de andere buis. Gedurende deze tijden hebben deze anodestromen een vrijwel constante waarde; het uitgangssignaal E_0 van de verschilversterker wordt dus gevormd door een kanteelspanning, zoals in het onderste gedeelte van fig. 33 is getekend. Een eenvoudige berekening toont aan

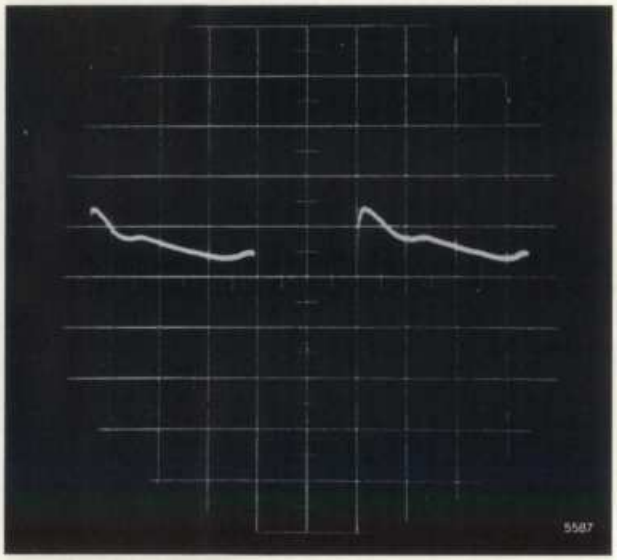


Fig. 32. „Bovenzijde" van een kanteelspanning van 10 V. Een vakje komt in verticale riching overeen met 2 mV. Men ziet dat de toppen niet geheel „vlak" zijn doch variaties van ongeveer 2 mV vertonen.

dat de gemiddelde waarde E_{0m} van E_0 een logaritmische functie is van E_i:

$$E_{0m} = E_1(2T_0 \ln E_{i0}' - 2T_0 \ln E_i - T) \quad . \quad (23)$$

(voor de betekenis van E_1 en T zie fig. 33). E_{0m}, gemeten met behulp van een integrerende schakeling is een maat voor E_i op logaritmische schaal en het geheel vormt dus een *logaritmisch aanwijzende voltmeter*.

Als E_i met de tijd verloopt volgens een periodieke exponentiële functie, krijgen we dus een uitgangssignaal waarvan de gemiddelde waarde de *inverse* functie, nl. een logaritmische, van E_i is. Het is niet moeilijk in te zien dat ook als E_i' een andere periodiek herhaalde functie van de tijd is, op de

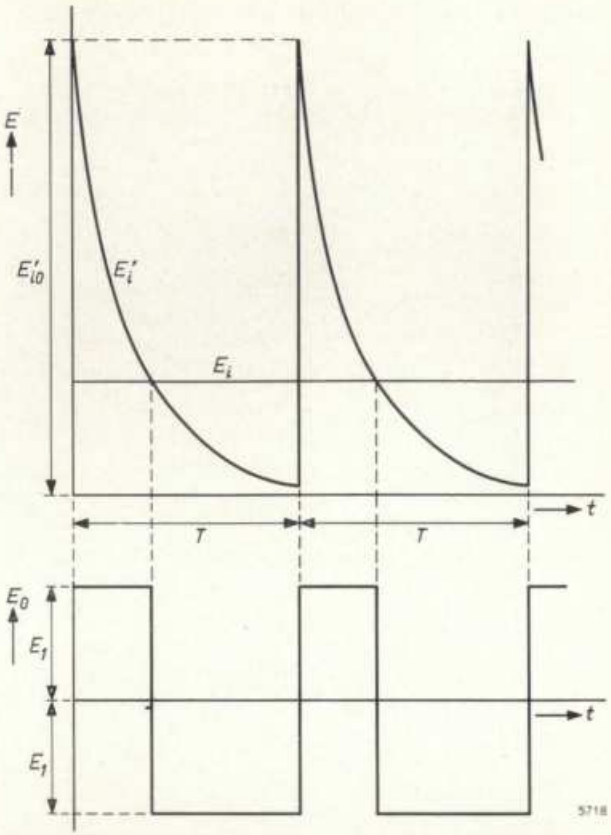


Fig. 33. Gebruik van een verschilversterker in een logaritmisch aanwijzende voltmeter.
Boven: Verloop van de twee ingangssignalen, E_i en E_i', als functie van de tijd.
Onder: Verloop van het uitgangssignaal als functie van de tijd.

beschreven wijze een spanning kan worden verkregen die de inverse functie is van E_i. Op verschillende manieren kan hiervan gebruik worden gemaakt [6]).

Zonder dieper in te gaan op deze en andere toepassingsmogelijkheden van verschilversterkers, hopen wij toch met het bovenstaande te hebben aangetoond dat de gebruiksmogelijkheden van deze versterkers meer omvatten dan alleen het versterken van kleine spanningsverschillen.

[6]) Zie b.v. G. Klein en J. H. den Hertog, A sine-wave generator with periods of hours, Electr. Engng. **31**, 320-325, 1959.

Samenvatting. De minimale waarde van de rejectiefactor van een verschilversterker wordt beïnvloed door de koppelelementen die de verbinding vormen tussen de versterker en de punten waartussen de te meten spanning staat. In een meertrapsversterker spelen ook de koppelelementen tussen de trappen een belangrijke rol. Een bijkomend voordeel van een verschilversterker ten opzichte van een normale versterker is dat bij het eerstgenoemde type veel minder hoge eisen aan de constantheid van de voedingsspanningen behoeven te worden gesteld; verder is ook de neiging tot oscilleren bij een verschilversterker veel kleiner. Tot slot worden nog enkele anderssoortige toepassingen van verschilversterkers beschreven, met name het gebruik hiervan voor het verkrijgen van een zeer effectieve tegenkoppeling in een enkelzijdige versterker benevens het gebruik als „elektronische spanningsmicroscoop" en als logaritmisch aanwijzende voltmeter.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

CONTROLE VAN NEGATIEVEN VOOR GEDRUKTE BEDRADING

Foto Maurice Broomfield

Op de foto ziet men de controle van een verzamelnegatief, dat gebruikt wordt bij de vervaardiging van gedrukte bedrading volgens het foto-etsprocédé. Van deze negatieven worden fotografische afdrukken gemaakt op een plaat hardpapier die bedekt is met koperfoelie dat van een gevoelige laag is voorzien. Voor zover de laag niet is belicht, wordt het koper tijdens het verdere proces verwijderd. Deze methode leent zich bij uitstek voor werk waarbij nauwkeurige detaillering een eerste vereiste is. Daar ieder foutje, hoe klein ook, van het negatief in het eindprodukt gereproduceerd wordt, onderwerpt men de negatieven tijdens het gebruik voortdurend aan een zorgvuldige controle.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLIKATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publikaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, op aanvraag overdrukken.

2870: K. Reinsma: The inherent filtration of X-ray tubes (Radiology **74**, 971-972, 1960, no. 6).

Als het inherente filter van een röntgenbuis bekend is, kan men berekenen welk filter men moet toevoegen om een voorgeschreven totale filterwerking te verkrijgen. Voor een bepaalde spanning hangt de kwaliteit van de opgewekte röntgenstraling, uitgedrukt door de halveringsdikte in mm Al, nog af van de spanningsvorm (constante spanning of gelijkgerichte sinusspanning). Verder is er een duidelijk verschil in equivalente inherente filterdikte, naar gelang men deze bepaalt uit dosismetingen of uit de genoemde stralenkwaliteit. Voor het laatste geval wordt een grafiek gegeven van deze kwaliteit als functie van het equivalente inherente filter (mm Al) voor een aantal spanningen (50-150 kV constant, 50-100 kV gelijkgerichte sinusspanning).

2871: H. F. L. Schöler, E. H. Reerink en P. Westerhof: The progestational effect of a new series steroids (Acta physiol. pharmacol. neerl. **9**, 134-136, 1960, no. 1).

Ten einde de invloed van stereochemische veranderingen op de farmacologische eigenschappen van steroïden te bestuderen, is een aantal steroïdhormoonanalogen bereid met dezelfde configuratie van het C-9-waterstofatoom en de C-10-methylgroep als aanwezig in lumisterol$_2$ (deze publikaties no. **2856**). De stoffen zijn in hun werking (oraal en subcutaan) vergeleken met progesteron (subcutaan), alle in drie verschillende doseringsniveaus. Als maat voor de werking diende de verandering in het epitheel van het baarmoederslijmvlies van proefdieren.

2872: F. C. de Ronde, H. J. G. Meyer en O. W. Memelink: The *P-I-N* modulator, an electrically controlled attenuator for mm and sub-mm waves (IRE Trans. on microwave theory and techniques **MTT-8**, 325-327, 1960, no. 3).

Een elektrisch regelbare verzwakker voor het moduleren van microgolven is op de volgende wijze verkregen. De verzwakker bestaat uit een plaatje germanium dat een *P*- en een *N*-gebied bevat die gescheiden zijn door een intrinsiek gebied waarvan de breedte ongeveer gelijk is aan de diffusie-recombinatielengte van de ladingdragers. Dit plaatje wordt in een golfgeleider geschoven, die daartoe in de brede wanden van gleuven is voorzien, en die ter plaatse is ingesnoerd om het plaatje zo te kunnen opstellen dat alleen het intrinsieke germanium zich binnen de golfgeleider bevindt. De verzwakking wordt geregeld door middel van het geleidingsvermogen van het intrinsieke germanium: hoe groter dit geleidingsvermogen, des te groter de verliezen en dus de verzwakking. Als over het germanium een spanning in de doorlaatrichting wordt aangelegd, worden uit het *P*- en het *N*-gebied ladingdragers in het intrinsieke gebied geïnjecteerd, zodat men met deze spanning het geleidingsvermogen kan regelen. Beschreven is een uitvoering voor een golflengte van 4 mm, maar ook voor kortere golflengten, zelfs korter dan 1 mm, kan het principe worden toegepast. Zie ook Philips techn. T. **22**, 126, 1960 (no. 4).

2873: H. C. Hamaker: Attribute sampling in operation (Bull. Inst. int. Statistique **37**, 265-281, 1960, no. 2).

Dit artikel geeft een overzicht over keuring op attributieve eigenschappen (d.w.z. eigenschappen waarop een produkt wordt goed- of afgekeurd) zoals die heden ten dage in de industrie wordt toegepast. Bij het ontwerpen van een steekproefsysteem streeft men steeds naar een compromis tussen vele tegenstrijdige verlangens. Welk systeem uiteindelijk gekozen wordt, hangt ervan af welke wensen het belangrijkste worden geacht. Meningen verschillen, en dit verklaart de veelheid van steekproefsystemen, die in omloop zijn. Verschillende kenmerken van deze systemen worden besproken, zoals het begrip van de AQL (acceptable quality level), het verband tussen partijgrootte en steekproefgrootte, het gebruik en het nut van verscherpte of verzachte keuring, enz. Er wordt op gewezen dat het doel van een steekproefkeuring tweeërlei is: 1) het scheiden van slechte en goede partijen, 2) het beheersen van de kwaliteit door gebruik te maken van de informatie die de steekproeven leveren. Dit laatste punt wordt vaak uit het oog verloren. Voor een goede kwaliteitsbeheersing heeft het grote voordelen een constante steekproefgrootte te gebruiken, onafhankelijk van de partijgrootte. Dit wordt met een voorbeeld toegelicht. Ten slotte wordt besproken of een universeel steekproefsysteem denkbaar is en, zo ja, aan welke eisen dit zou moeten voldoen. In deze richting worden enige concrete voorstellen gedaan.

2874: B. Okkerse: De bereiding van dislocatievrije germaniumkristallen (Ingenieur **72**, O 21-O 26, 1960, no. 29).

Beschrijving van een methode om dislocatievrije germaniumkristallen te maken volgens de optrektechniek (Czochralski-methode). De diameter van het entkristal wordt daarbij eerst verkleind tot ca. 1 mm, waardoor de aanwezige dislocaties uit het kristal groeien. Bij verder optrekken wordt de diameter van de staaf geleidelijk vergroot, waarbij, door de geringe thermische spanningen, geen nieuwe dislocaties worden gegenereerd. Aan de beschrijving gaat een bespreking vooraf van de voornaamste eigenschappen van dislocaties, de oorzaken van hun ontstaan en de methodes ter detectie. De dislocatievrije kristallen zijn niet volmaakt; zij bevatten in het algemeen een abnormaal groot aantal vacatures doordat deze nu niet naar de dislocaties kunnen wegdiffunderen. Zie ook Philips techn. T. **21**, 336-341, 1959.

2875: Th. P. J. Botden: The silica gel leak detector (Advances in vacuum science and technology, Proc. 1st int. congress on vacuum techniques, Namen 10-13 juni 1958, red. E. Thomas, Pergamon, Oxford 1960, deel 1, blz. 241-244).

Beschrijving van een lekkendetector bestaande uit een manometer volgens Penning, die tevens als pomp fungeert, in verbinding met een buis met silicagel, gekoeld in vloeibare lucht. Indien de silicagel niet aanwezig was, zou er, bij aanwezigheid van een lek, in de manometer een evenwichtsdruk bestaan, waarbij de pompsnelheid van de manometer gelijk is aan die van de toevloeiende luchtstroom. De silicagel laat slechts 0,03% van de toevloeiende lucht door, zodat bedoelde evenwichtsdruk zeer laag wordt. Voert men echter via het lek H_2, He of Ne toe, welke gassen voor 95% doorgelaten worden, dan stelt zich een hogere evenwichtsdruk in, die een maat is voor de grootte van het lek. De meter kan worden geijkt door via capillairs van bekende afmetingen bekende hoeveelheden gas toe te voeren. Lekken van 10^{-9} torrliter/seconde kunnen gemakkelijk worden aangetoond. Met bijzondere voorzorgen komt men zelfs tot 10^{-11} à 10^{-12} torr l/s (1 torr l = $3{,}5 \times 10^{19}$ atomen of moleculen). De meettijd is meestal van de orde van 10 seconden; in sommige gevallen langer. Uit de gegevens kon ook de pompsnelheid van de manometer als functie van de stroom worden afgeleid. Het blijkt dat ieder atoom dat in de ontlading wordt geïoniseerd, verdwijnt, vermoedelijk in de katode.

2876: N. Warmoltz: Spectromètre de masse pour la détection des fuites, fonctionnant avec un mélange à faible teneur en hélium (als **2875**, deel 1, blz. 257-259).

Beschrijving van een lekkendetector, werkend met helium als detectorgas. De aanwezigheid van He wordt aangetoond met een eenvoudige massaspectrometer. De ionen (afkomstig van een ionenbron met gloeikatode) worden aan de uitgang van de spectrometer door een elektrostatische lens versneld en geconcentreerd op de eerste dynode van een fotomultiplicatorbuis, die veroorlooft de ionenstroom met aanzienlijke versterking te meten. Indien in de apparatuur reeds een vrij aanzienlijke luchtdruk aanwezig is, kunnen de uitlopers van de pieken bij 6 (C^{++}), 7 (N^{++}) en 8 (O^{++}) de piek bij 4 (He^{+}) bedekken. Dit wordt vermeden door gebruik van een dubbele spectrometer (analoog met een optische dubbelmonochromator). De multiplicatorbuis verhoogt de gevoelig-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

heid met een factor 500. Daardoor is het mogelijk in plaats van met He als proefgas te werken met een He-luchtmengsel met b.v. 1 tot 5% He, hetgeen veel economischer is.

2877: J. J. Opstelten en N. Warmoltz: Un manomètre à membrane à échelle linéaire pour des pressions entre 10^{-5} et 10 mm Hg (als **2875**, deel 1, blz. 295-298).

Het essentiële deel van de beschreven manometer is een membraan van niet-roestend staal van 20 micron dikte. De doorbuiging van het membraan is een maat voor het drukverschil aan weerszijden daarvan. Deze doorbuiging wordt elektrisch gemeten. Daartoe is aan weerszijden van het membraan op 25 micron afstand een metalen plaat aangebracht met keramische afstandsstukjes en glazen doorvoeringen, waardoor twee condensatoren ontstaan, die zijn opgenomen in een brug van Wheatstone met wisselstroomvoeding (frequentie 0,5 MHz). De brug dient als nulinstrument. Aan de twee condensatoren worden namelijk spanningen $V + v$ resp. $V - v$ aangelegd, waarbij v zo wordt geregeld dat het membraan weer in de symmetrische stand komt. De druk aan één kant wordt constant op ca. 10^{-7} mm Hg gehouden met een manometer volgens Penning, die als pomp werkt. Dan is er een lineair verband tussen v en de te meten druk aan de andere kant. Naar gelang van de te meten druk kan men V geschikt kiezen. Het meetgebied gaat in dit geval van 10^{-5} mm Hg tot 1 mm Hg. Bij hogere druk treedt een storende gasontlading op. Om ook die hogere drukken te meten, laat men de spanning V weg en meet men in een brug rechtstreeks de capaciteit van een der condensatoren. Hiermee kan men komen tot 10 à 20 mm Hg. De manometer kan desgewenst verhit worden tot 150 °C. Bij gassen die geabsorbeerde laagjes op de condensatorplaten vormen, is een bijzondere schakeling nodig. Bij zeer reactieve gassen (b.v. UF_6) wordt de kamer waarin dit gas wordt toegelaten, zonder elektrode (nl. zonder keramiek en glas) uitgevoerd.

2878: S. Woldring: The mechanics of breathing — general principles and technique of measurement (Proc. Tuberculosis Res. Council (Roy. Netherl. Tuberculosis Ass.) no. 46, 1959, blz. 5-27, gepubliceerd in 1960).

De fysische grootheden die het mechanisme van de ademhaling bepalen zijn: het longvolume, het drukverschil tussen de borstholte en de buitenlucht, en de luchtstroom. Na een discussie van deze grootheden en hun onderlinge relaties wordt een apparatuur beschreven die dient om ze als functie van de tijd te meten en te registreren. De druk in de borstholte wordt daarbij bepaald met behulp van een in de slokdarm aangebracht ballonnetje, de luchtstroom met een spirometer volgens Krogh en het volume met een pneumotachograaf volgens Fleisch. De van de meters afkomstige elektrische signalen zijn op katodestraaloscillografen als functie van de tijd of als functie van elkaar geregistreerd.

2879: H. C. Burger: The significance of the flow/volume diagram in the study of the mechanics of breathing (als **2878**, blz. 28-47).

Met voorbeelden, ontleend aan normale en pathologische gevallen, wordt in dit artikel de diagnostische waarde aangetoond van een stroom-volumediagram zoals met de in publikatie **2878** door Woldring beschreven apparatuur kan worden opgenomen. Enkele der waargenomen verschijnselen worden toegeschreven aan het feit dat de luchtwegen geen starre buizen zijn, maar dat zij tijdens snelle uitademing worden vernauwd of zelfs bijna gesloten („smoorklepmechanisme"). Hiervoor wordt een aërodynamische verklaring gegeven als noodzakelijke aanvulling van de mechanische.

2880: G. D. Rieck en H. A. C. M. Bruning: Subcrystals in large vapour-grown crystals of tungsten (Acta metallurgica **8**, 97-104, 1960, no. 2).

Monokristallijne wolfraamstaven, verkregen door ontleding van WCl_6 aan een monokristaldraad als kern, zijn röntgenografisch (lauediagram met nauwe bundel), microscopisch en elektronenmicroscopisch onderzocht. Uit het röntgenbeeld blijkt dat in de draad subkristallen aanwezig zijn die geringe verschillen in oriëntatie vertonen. Dit is bevestigd door microscopisch onderzoek van afgeslepen en daarna elektrolytisch gepolijste oppervlakken. De rijen etsputten gelijken op die welke door andere onderzoekers bij anders geprepareerd wolfraam zijn verkregen. Het elektronenmicroscopische beeld vertoont soms pyramidevormige uitsteeksels en naalden. Ondersteld wordt dat dit plaatselijk gegroeide, zeer volmaakte kristallen zijn, die onder tijdelijk gunstige omstandigheden zijn gevormd.

2881: P. Westerhof en E. H. Reerink: Investigations on sterols, XV. The syntheses and properties of 9β,10α-progesterone and 6-dehydro-9β,10α-progesterone (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **79**, 771-783, 1960, no. 7).

Er zijn uitvoerige onderzoekingen verricht over de bereiding van steroïdhormoonanalogen, namelijk van 9β,10α-steroïden. Dit artikel behandelt de bereiding van 9β,10α-progesteron en 6-dehydro-9β,10α-progesteron, welke verbindingen bij orale toediening een werking vertonen die vergelijkbaar is met die van progesteron bij parenterale toediening. Uitgangsprodukt was lumisterol$_2$. Een groot aantal tussenprodukten wordt beschreven, waarvan de structuur is vastgesteld met behulp van ultraviolette en infrarode absorptiespectra en van microanalytische gegevens. De biochemische reacties zijn kort vermeld; deze zullen elders worden beschreven. Aan het slot zijn de bereidingsmethodes en de analysen der beschreven produkten vermeld alsmede gegevens over absorptiespectra en optische activiteit.

2882: P. Westerhof en E. H. Reerink: Investigations on sterols, XVI. The syntheses and properties of 9β,10α-androstanes (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **79**, 794-806, 1960, no. 7).

Als vervolg op de onderzoekingen van de voorafgaande publikatie (no. **2881**) zijn 9β,10α-produkten uit de androstaanreeks bereid, uitgaande van 22-(1'piperidyl)-9β,10α-bisnorchola-4,20(22)-dien-3-on. Over de fysiologische werking van deze produkten zullen nadere mededelingen worden gedaan. Het artikel besluit wederom met een gedetailleerde beschrijving van de bereidingsmethodes, inclusief analyseresultaten en gegevens over absorptiespectra en optische activiteit van de beschreven produkten.

2883: B. G. van den Bos, M. J. Koopmans en H. O. Huisman: Investigations on pesticidal phosphorus compounds, I. Fungicides, insecticides and acaricides derived from 3-amino-1,2,4-triazole (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **79**, 807-822, 1960, no. 7).

Beschrijving van de bereiding en van de biologische eigenschappen van een aantal verbindingen die kunnen dienen als chemisch bestrijdingsmiddel van schimmels, insecten of mijten. De uitgangsverbinding is 3-amino-1,2,4-triazol of een 5-substitutieprodukt daarvan. De nieuwe verbindingen zijn verkregen door een waterstofatoom van de 1,2,4-triazolkern te vervangen door een groep die fosfor bevat. De biologische activiteit is het grootst als dit een bis(dimethylamido)fosforylgroep is.

2884: A. H. Boerdijk: Diagrams representing states of operation of a general thermocouple (J. appl. Phys. **31**, 1141-1144, 1960, no. 7).

In aansluiting op een vroegere publikatie (no. **2764**) wordt de werkingstoestand beschouwd van een thermokoppel waarvan (*a*) de staven een willekeurige vorm mogen hebben; (*b*) de materiaaleigenschappen (warmtegeleiding en elektrische geleiding, thomsoncoëfficiënt, thermokracht, peltiercoëfficiënt) functies zijn van de temperatuur; en (*c*) de samenstelling inhomogeen en anisotroop mag zijn (met zekere beperkingen). Onafhankelijke parameters zijn: de stroom I en de temperaturen T_1 en T_2 van de lasplaatsen. Houdt men b.v. T_2 constant, dan kan een werkingtoestand worden weergegeven door een punt in een I-($T_1 - T_2$)-diagram. Men kan formules opstellen voor het geproduceerde elektrische vermogen W_e en voor de warmteafgifte W_1 en W_2 aan de lasplaatsen, waarbij $W_e + W_1 + W_2 = 0$. In het diagram kunnen gebieden worden getekend waarvoor b.v. $W_e > 0$ of $W_1 < 0$. Dit wordt aan een eenvoudig voorbeeld toegelicht. Het diagram is van belang voor het ontwerpen van thermokoppels die moeten dienen voor produktie van elektrische stroom of voor koeldoeleinden (warmtepomp).

2885: J. W. L. Köhler: The gas refrigerating machine and its position in cryogenic technique (Progress in Cryogenics **2**, 41-67, 1960).

Na een kort overzicht van de diverse methodes van koudeproduktie wordt het stirlingproces theoretisch behandeld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Zowel de ideale kringloop (zonder verliezen) als de afwijkingen daarvan in de praktijk worden besproken en een voorbeeld beschreven. Als toepassingen worden behandeld: bereiding van vloeibare lucht, gasscheiding, koelcel, enz. Verder wordt aandacht besteed aan de plaats die de koudgaskoelmachine inneemt ten opzichte van bestaande koelmethodes, waarbij o.a. het rendement ter sprake komt. Het blijkt dat door het stirlingproces het arsenaal van de koeltechnicus met een hulpmiddel is verrijkt dat tal van nieuwe mogelijkheden biedt, speciaal voor het gebied tussen −80 °C en −180 °C. Dit geldt in het bijzonder voor machines van klein vermogen, terwijl anderzijds een bovenste grens van de koelcapaciteit tot nu toe niet in zicht is. Zie ook Philips techn. T. **16,** 33 en 61, 1954, en **20,** 196, 1959.

2886: G. J. M. Ahsmann en Z. van Gelder: La chute cathodique normale pour des cathodes monocristallines (Le Vide **15,** 226-233, 1960, no. 87; Franse en Duitse tekst).

Metingen zijn verricht van de normale katodeval bij monokristallijne plaatjes van germanium, silicium en koper, volgens de verstuivingsmethode, in een ontlading in neon bij een druk van 40 mm Hg. De metingen blijken zeer goed reproduceerbaar. Soms hebben veranderingen van het oppervlak verandering van de katodeval ten gevolge. Verschillen tussen kristalvlakken worden toegeschreven aan verschillen in de uittreepotentiaal φ. De formule $V_n = C\varphi$ wordt besproken. Verder worden enige temperatuureffecten beschreven die terug te brengen zijn (*a*) tot veranderingen in de dichtheidsverdeling en (*b*) tot veranderingen in het oppervlak ten gevolge van indringende gasionen. Dank zij de stabiliteit en de reproduceerbaarheid van de katodeval lenen monokristallijne materialen zich in principe goed voor de fabricage van glimlichtstabilisatoren.

2887: A. Kats en Y. Haven: Infra-red absorption bands in α-quartz in the 3-μ-region (Phys. Chem. Glasses **1,** 99-102, 1960, no. 3).

In kwarts komen H-ionen voor als verontreiniging. De meest voorkomende verontreiniging is Al^{3+}, dat Si^{4+} vervangt; het tekort aan lading dat dan ontstaat, wordt gecompenseerd door Li^+, Na^+ of H^+. De aanwezigheid van de H-ionen geeft aanleiding tot het optreden van absorptiebanden voor licht met golfgetallen van 3311, 3371 en 3435 cm^{-1}. Dat deze banden aan vibraties van H-ionen moeten worden toegeschreven, is aangetoond door de H-ionen te vervangen door D-ionen. Deze vervanging geschiedde door het kwarts op 1000 °C te verhitten in een atmosfeer van zwaar-waterdamp. De genoemde banden verdwijnen dan, terwijl nieuwe banden ontstaan in het gebied van 2500 cm^{-1}.

2888: L. Heijne: Photoconductive properties of lead-oxide layers (dissertatie Amsterdam, 29 juni 1960).

In deze dissertatie worden de foto-elektrische eigenschappen onderzocht van opgedampte polykristallijne lagen van zeer zuiver PbO, in de gele, orthorombische modificatie. Deze lagen blijken bestand te zijn tegen verhitting tot ca. 350 °C, in tegenstelling met monokristallen, die de neiging vertonen over te gaan in de stabiele rode, tetragonale modificatie, die beneden 489 °C stabiel is. Bijzondere aandacht wordt besteed aan de contacten, in verband met in de buurt daarvan optredende ruimteladingen. De mathematische theorie van de stroom van ladingdragers en van de kinetica van hun vorming en recombinatie wordt uitvoerig behandeld. De methode van prepareren en de meettechniek worden beschreven en experimentele resultaten meegedeeld. Een aparte studie is gewijd aan vangniveaus (traps), welker eigenschappen zijn bestudeerd met de verwarmingsmethode (glow curve). De laatste hoofdstukken zijn gewijd aan de invloed van onzuiverheden op de foto-elektrische eigenschappen en aan het gebruik van de beschreven loodoxydelagen in televisie-opneembuizen.

2889: N. V. Franssen: Some considerations on the mechanism of directional hearing (dissertatie Delft, 6 juli 1960).

Deze dissertatie is gewijd aan onderzoekingen betreffende het binaurale horen, in verband met stereofonische geluidsreproduktie. Het onderzoek loopt parallel met recente onderzoekingen door Cherry, door Licklider en door David. De inhoud ervan betreft enerzijds fenomenologische experimenten en anderzijds de verwezenlijking van een elektronisch model dat deze en vroegere experimenten kan verklaren. De experimenten hebben o.a. tot doel een nader inzicht te geven in de begrippen intensiteits- en tijdverschillen. Hierbij blijkt de richting voornamelijk te worden bepaald bij de inzet. Het op grond hiervan ontworpen elektronische model gedraagt zich in redelijke overeenstemming met de door K. de Boer verrichte metingen. Het onderscheid tussen van voren en van achteren komende geluiden wordt bij lage tonen bepaald door hoofdbewegingen. Bij hoge tonen spelen de oorschelpen een rol. Gewezen wordt op het verband tussen hoofdbewegingen en de projectie der signalen naar buiten. Een aantal experimenten betreft het onderscheid van binauraal aangeboden frequentieverschillen. De resultaten worden aan de hand van een tweede model verklaard. De combinatie van dit laatste model met het vorige verschaft een basis voor een mogelijke verklaring van de verschijnselen die optreden wanneer twee luidsprekers met een groot onderling tijdsverschil spraak of muziek weergeven. In het laatste hoofdstuk wordt nagegaan of het model ook inzicht kan verschaffen in andere problemen, die niet speciaal betrekking hebben op het richtinghoren. Hierbij beperkt de schrijver zich tot het waarnemen van toonhoogte en timbre. Op grond hiervan wordt een hypothese opgesteld betreffende de wijze waarop het geluid door het oor geanalyseerd wordt en de fysische grootheden waarmee de subjectieve waarneming van een bepaalde klank gecorreleerd is.

2890: W. Verweij: Probe measurements and determination of electron mobility in the positive column of low-pressure mercury-argon discharges (dissertatie Utrecht, 28 sept. 1960).

In dit proefschrift worden metingen en berekeningen beschreven die betrekking hebben op de positieve zuil van elektrische ontladingen in mengsels van argon en kwikdamp. Het onderzoek was in het bijzonder gericht op de elektrische eigenschappen van het plasma, die in hoofdzaak door de beweeglijkheid van de elektronen worden bepaald. Bij een groot aantal waarden van de stroom en de partiële drukken van argon en kwikdamp zijn gemeten: het radiale verloop van de elektronenconcentratie, de elektronentemperatuur en de veldsterkte in axiale richting. De metingen zijn verricht met elektrische sonden. Uit de sondekarakteristieken volgens Langmuir konden de concentratie en de snelheidsverdeling der elektronen worden gevonden. Metingen met radiaal verplaatsbare sonden leverden de ruimtelijke variatie. De veldsterkte is gemeten met behulp van twee sonden die zich op bekende afstand op de as van de buis bevonden. Voorzorgen voor betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid werden genomen, zoals: vermijding van oscillaties, gebruik van zeer dunne en korte sonden (20 μ dik, enkele mm lang), verhitting van de sonde voor iedere meetreeks. Bij een meetreeks is telkens één grootheid gevarieerd en zijn de andere constant gehouden. Het gehele meetgebied strekt zich uit over argondrukken van 0-20 mm Hg, kwikdampdrukken van $0{,}5\times10^{-3}$ tot 90×10^{-3} mm Hg en stromen van 0-800 mA. De snelheidsverdeling van de elektronen kon worden gekarakteriseerd door een elektronentemperatuur. Twee methodes voor concentratiebepaling leverden overeenstemmende resultaten beneden 4 mm argondruk. De elektronenbeweeglijkheid werd herleid tot het geval van homogene verdeling van de gasvulling. De elektronenbeweeglijkheid kon met de methode van Lorentz worden berekend uit de botsingsdoorsneden, in bevredigende overeenstemming met het experiment. Een berekening uit waarden voor de beweeglijkheid van de afzonderlijke componenten van de onderzochte kwik-argonmengsels, ontleend aan hetzij de literatuur, hetzij eigen metingen aan zuiver kwik, leverde minder bevredigende resultaten.

2891: E. F. de Haan: Signal-to-noise ratio of image devices (Adv. in Electronics and Electron Physics **12,** 291-306, 1960).

Overzicht van de signaal-ruisverhouding S/R bij televisieopneemapparatuur. Na een theoretische afleiding van een algemene formule voor de ruis, en een overzicht van de oorzaken van ruis bij televisie, wordt de ruis bij enige onderdelen van de opneemapparatuur geanalyseerd, nl. bij beeldversterkers (voor röntgenstraling en voor licht) en bij multiplicatorbuizen. Aan de hand hiervan worden methodes aangegeven hoe S/R kan worden verbeterd. Ten slotte wordt besproken hoe men deze methodes kan toepassen in opneemapparatuur met vidicons en met beeld-orthicons. Hierbij wordt onderscheid

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

gemaakt tussen ruis waarbij S/R evenredig is met de wortel uit de bestralingsintensiteit, en ruis waarbij S/R evenredig is met deze intensiteit zelf.

2892: W. Kwestroo en A. Roos: Compounds in the system TiO_2-Cr_2O_3-Fe_2O_3 (J. inorg. nucl. Chem. **13**, 325-326, 1960, no. 3/4).

Onderzoek van het ternaire systeem TiO_2-Cr_2O_3-Fe_2O_3 door mengsels van deze oxydes in verschillende verhoudingen op 1300 °C te verhitten en vervolgens tot kamertemperatuur af te schrikken. Van een aantal verbindingen die Andersson in het binaire systeem TiO_2-Cr_2O_3 heeft gevonden, is de stabiliteit onderzocht als ook Fe_2O_3 aanwezig is. Het is gebleken dat de verbinding $TiCr_2O_5$, die door Andersson niet is gevonden, kan worden gemaakt door op zijn minst een zesde gedeelte van de Cr^{3+}-ionen door Fe^{3+}-ionen te vervangen. De structuur van deze verbinding wordt besproken. In een ternair diagram zijn de samenstellingsgrenzen van de vaste oplossingen der verbindingen getekend.

2893: R. J. Meijer: The Philips Stirling thermal engine — analysis of the rhombic drive mechanism and efficiency measurements (dissertatie Delft, 16 nov. 1960).

Dissertatie, gewijd aan de Philips heetgasmotor met ruitvormig drijfmechanisme. Hoofdstuk I bevat een kort overzicht van de geschiedenis van de heetgasmotor, een bespreking van het stirlingproces, en een bespreking van een nieuw drijfwerk voor de verdringermotor, dat ten aanzien van de balancering en bij het beperken der gaskrachten grote voordelen biedt.

Hoofdstuk II bevat de analyse van dit „ruitdrijfwerk", nl. de afleiding van de balanceringsvoorwaarden; de afleiding van rekengrootheden uit de afmetingen van het drijfwerk; de berekening van de drukvariaties in de gemeenschappelijke bufferruimte van een veelcilindermotor waarvan de krukken willekeurige hoeken met elkaar maken; de berekening van het koppel, afkomstig van de gas- en traagheidskrachten; de berekening van de krachten in het drijfwerk; een schatting van de wrijvingsenergie en van het koppel ten gevolge van de wrijving; enkele toepassingen van de formules die voor de koppels zijn afgeleid. Dit hoofdstuk eindigt met een rekenvoorbeeld dat betrekking heeft op een eencilinder-heetgasmotor die in Philips' Natuurkundig Laboratorium te Eindhoven is geconstrueerd en beproefd.

In hoofdstuk III worden rendementsmetingen beschreven die gedaan zijn aan de proefmotor welke in hoofdstuk II als rekenvoorbeeld is gekozen. Na een korte beschrijving van de motorconstructie volgt een overzicht van de gebruikte meetinrichtingen alsmede een samenvatting van de meetresultaten.

Tot slot wordt de heetgasmotor op enkele punten vergeleken met de zuigermotor met inwendige verbranding. Een aanhangsel geeft een overzicht van de afgeleide formules; drie verdere aanhangsels geven tabellen en grafieken voor de coëfficiënten van reeksontwikkelingen die voor de in hoofdstuk II genoemde berekeningen nodig zijn. Zie ook Philips techn. T. **20**, 325, 1958.

2894: C. A. de Bock en A. M. Worst-Van Dam: A method for the measurement of antibodies against Hemophilus pertussis in sera (Antonie van Leeuwenhoek **26**, 73-76, 1960, no. 1).

Beschrijving van de bereiding van een stabiel gekleurd antigeen van Haemophilus pertussis en van een nieuwe agglutinatiemethode.

2895: C. A. de Bock en A. M. Worst-Van Dam: Fixation of the agglutinogen from Hemophilus pertussis on the bacterial surface (Antonie van Leeuwenhoek **26**, 126-128, 1960, no. 1).

Bij het bereiden van een antigeen van Haemophilus pertussis (zie no. **2894**) bleek dat bij sommige bewerkingen het agglutinogeen bijna geheel loslaat van het bactericoppervlak. Bij nader onderzoek blijkt dat het agglutinogeen in een aantal suspensiemedia gemakkelijk oplost, maar dat het aan het bactericoppervlak gehecht blijft in een zoutoplossing met 0,5 % formaldehyde.

2896*: J. D. Fast: Entropie. Die Bedeutung des Entropiebegriffes und seine Anwendung in Wissenschaft und Technik (Philips' Technische Bibliotheek, 1960, XII + 328 blz., 68 figuren, 26 tabellen).

Dit boek is reeds aangekondigd in Philips techn. T. **23**, 32, 1961 (no. 1).

A 19: A. Klopfer: Das Omegatron als Partialdruckmesser (als **2875**, deel 1, blz. 397-400).

Beschrijving van een omegatron voor kwantitatieve analyse van restgassen in elektronenbuizen. Dit omegatron is ook beschreven in Philips techn. T. **22**, 199-207, 1960 (no. 6).

A 20: E. Baronetzky en A. Klopfer: Einfluss von Gasreaktionen in Vakuumsystemen auf die Zusammensetzung des Restgases (als **2875**, deel 1, blz. 401-403).

Het restgas in een vacuümsysteem kan van samenstelling veranderen doordat aan het oppervlak van bepaalde onderdelen van de apparatuur (b.v. een katode) reacties kunnen plaatsvinden van de samenstellende gassen onderling en van deze gassen met het materiaal van deze onderdelen of met verontreinigingen die zich hier bevinden. Ook in de voor meetdoeleinden aan te sluiten apparatuur (manometer, omegatron, enz. kunnen zulke reacties optreden. De meetapparatuur kan daardoor zelf invloed hebben op de meetresultaten, wat maant tot voorzichtigheid bij de interpretatie dezer resultaten. De auteurs laten met voorbeelden zien hoe druk en temperatuur de bedoelde reacties beïnvloeden. Het artikel besluit met metingen over de reactiesnelheid bij het uiteenvallen van methaan in koolstof en waterstof bij katodes van verschillende samenstelling.

A 21: S. Garbe: Restgasanalysen mit dem Omegatron (als **2875**, deel 1, blz. 404-409).

Onderzoek van de gasafgifte door verschillende materialen in vacuüm, wat hoeveelheid en samenstelling betreft. Er is hierbij van een omegatron gebruik gemaakt; de apparatuur wordt beschreven. Voor permanente gassen kan een gasafgifte van enige malen 10^{-10} torr l/min nog gemeten worden. Bij het meten van gassen die sterk geadsorbeerd worden en die bovendien aanwezig zijn in geringe hoeveelheid, zijn er bepaalde moeilijkheden, die aan water als voorbeeld worden toegelicht. Doordat aan hete oppervlakken chemische reacties kunnen optreden (zie ook no. **A 20**), heeft de soort der katodes die in het omegatron en in de ionisatiemanometers gebruikt worden, veel invloed op de meetresultaten. Bij wijze van voorbeeld van een restgasanalyse wordt getoond hoe in vacuümbuizen met een L-katode en een bariumgetter het restgas gedurende de werking verandert.

A 22: A. Klopfer en W. Ermrich: Erfahrungen mit Titan-Ionenpumpen (als **2875**, deel 1, blz. 427-429).

Onderzoek, door middel van restgasanalysen met een omegatron, naar de geschiktheid van een titaan-ionenpomp als pomp voor ultrahoogvacuüm. Om zeer lage drukken te bereiken, bleek het nodig op dezelfde manier te ontgassen als bij gebruik van een ionendiffusiepomp of een kwikdiffusiepomp wordt gedaan. De factoren die invloed uitoefenen op de laagst bereikbare druk en op de pomptijd worden besproken. Zie ook Philips techn. T. **22**, 272, 1960 (no. 8).

A 23: E. Baronetzky: Ein neuartiger, metallischer Getterstoff (als **2875**, deel 2, blz. 646-647).

Door zilver en andere edele metalen toe te voegen aan als getter gebruikte thorium-aluminiumlegeringen, kan men de gasbindende eigenschappen bij kamertemperatuur verbeteren. Vooral koolmonoxyde wordt dan beter gebonden, en — als men het gettermateriaal eerst met zuivere zuurstof heeft geoxydeerd — ook waterstof. In het systeem Th_2[Al,Ag] vormen Th_2Al en Th_2Ag een continue reeks mengkristallen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!